BIOLOGIE DER FISCHE

VON

Dr

ÖSKAR HAEMPEL

597.
H11

VERLAG VON FERDINAND ENKE STUTTGART

MBL/WHOI
0 0301 0017234 2

LEITFADEN

DER

BIOLOGIE DER FISCHE

Von

Dr. phil. OSKAR HAEMPEL,
Privatdozent an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien.

Mit 55 Abbildungen im Text.

STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1912.

Sonderabdruck aus „Hilzheimer, Biologie der Wirbeltiere“.

Das Übersetzungsrecht wird vorbehalten.

10919

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

SEINEM GÜTIGEN LEHRER

HERRN PROFESSOR DR. BRUNO HOFER

WIDMET DIESES BUCH

ALS ZEICHEN SEINER STETEN DANKBARKEIT
UND VEREHRUNG

DER VERFASSER.

Vorwort.

Das vorliegende Buch bildet die Separatausgabe des von mir bearbeiteten Teiles „Fische“ in der von Herrn Privatdozent Dr. M. Hilzheimer herausgegebenen, im gleichen Verlage erschienenen „Biologie der Wirbeltiere“. Da mir im Rahmen des Gesamtwerkes nur ein bestimmter knapper Raum zur Verfügung stand, konnte eine „Biologie der Fische“ nur in kürzester Form zur Bearbeitung gelangen; es kann daher dieses Buch keineswegs auf Vollständigkeit Anspruch erheben, bildet vielmehr nur einen „Leitfaden“ oder eine „Einführung“ in die Biologie der Fische. Wer sich über bestimmte Themen näher orientieren will, muß schon zu Spezialarbeiten und -werken greifen, von denen anhangsweise eine größere Anzahl angeführt sind. Besonders der anatomisch-physiologische Teil mußte auf das äußerste Maß reduziert werden, doch fanden in ihm die wissenschaftlichen Errungenschaften der letzten Jahre möglichst Berücksichtigung.

Bisher fehlte es meines Wissens an einer zusammenfassenden Darstellung einer Biologie der Fische vollständig; die letzten erschienenen Werke wie Hofers „Süßwasserfische von Mitteleuropa“, Plehn, „Die Fische des Meeres und der Binnengewässer“ u. a. sind vorwiegend systematischer Natur und findet der biologische Teil in ihnen nur kurze Beleuchtung. Ich hoffe daher, mit diesem „Leitfaden“ eine Lücke in der ichthyologischen Literatur ausgefüllt zu haben. Zum Schluß obliegt es mir, allen denen, die mich bei der Abfassung dieses Buches mit Rat und Tat unterstützt haben, meinen herzlichsten Dank zu sagen. In erster Linie meinem Freunde, Herrn Professor Leo Wetschera für die Herstellung der sinnreichen Umschlagszeichnung, ferner Herrn Kollegen Privatdozent Dr. W. Kolmer für die Überlassung einiger Originalmikrophotographien und Herrn Dr. K. Miestinger für seine Mühe bei Durchsicht des Manuskripts. Endlich drängt es mich, auch dem Verlage, welcher allen meinen Wünschen stets bereitwilligst entgegengekommen ist, meinen besten Dank auszusprechen.

Wien, im Mai 1912.

Der Verfasser.

Inhalt.

I. Allgemeine anatomisch-physiologische Übersicht. Seite

Bau des Fischkörpers und seine Lebenstätigkeit . . 3—74

1. Körpergestalt, Größe, Wachstum und Lebensdauer 3
2. Das Skelett der Fische 6
3. Haut und Muskulatur 13
4. Das Nervensystem der Fische 19
5. Die Sinnesorgane . . . . . 22—41
   a) Der Geruchs- und Geschmackssinn 22
   b) Hautsinnesorgane 25
   c) Das Sehorgan 30
   d) Das Gehörorgan 38
6. Die Organe der Ernährung und Verdauung 41
7. Die Atmungsorgane 49
8. Das Gefäßsystem 56
9. Die Schwimmblase 60
10. Die Exkretionsorgane 64
11. Die Fortpflanzungsorgane 65

II. Die Fische in ihrer Abhängigkeit von den chemisch-physikalischen Bedingungen ihres Wohnraumes.

A. Das Wasser als Lebenselement der Fische . . . . . 75—89

1. Der Salzgehalt des Wassers 75
2. Der Gasgehalt des Wassers 79
3. Die Temperatur des Wassers 81
4. Tiefe. Druck- und Lichtverhältnisse im Wasser 87

B. Die Anpassungserscheinungen der Fische . . . . . 89—96

1. Ufer- und pelagische Fische 90
2. Tiefsee- und benthonische Fische 93

C. Die Luft als temporäres Aufenthaltsmedium der Fische 97—101

1. Landwanderungen 97
2. Kletter- und Flugfische 99

III. Die Lebensäußerungen der Fische in Beziehung zu anderen Lebewesen.

Seite

A. Gleicher Art . . . . . 102—137
1. Die Fortpflanzung der Fische 102
2. Schwarmbildung und Wanderungen 123
3. Variation, Rassenbildung und Vererbung 130

B. Verschiedener Art . . . . . 137—169
1. Die Nahrung der Fische 137
2. Schutzfärbung, Mimicry, Fang- und Abwehrmittel 146
3. Synökie, Symbiose, Parasitismus 156
4. Parasiten, Krankheiten und Feinde der Fische 161
5. Der Fisch als Zuchtobjekt des Menschen 165

Literatur 170

Register 177

FISCHE.

I. Allgemeine anatomisch-physiologische Übersicht.

Bau des Fischkörpers und seine Lebenstätigkeit.

1. Körpergestalt, Größe, Wachstum und Lebensdauer.

Die Fische stehen auf der untersten Stufe des Wirbeltierstammes. Als typische Wasserbewohner ist ihre Körpergestalt dem feuchten Element völlig angepaßt. Man pflegt dieselbe in der Regel von einer gemeinschaftlichen Grundgestalt, der Spindel, abzuleiten. Sehen wir hier vorerst von den oft abenteuerlich gestalteten Grundformen ab, so trifft dieser Vergleich im großen und ganzen für die guten Schwimmer (nektonische Fische) zu. Unter diesen unterscheiden Abel und Schlesinger drei Grundtypen, nämlich den fusiformen, den sagittiformen und den taenioformen Typus. Der erstgenannte ist der weitaus verbreitetste; es ist der Torpedotypus (s. Fig. 1 a). Der Körper hat die Gestalt einer vorn verdickten, nach rückwärts stark verjüngten und seitlich zusammengedrückten Spindel, während die Körperhöhe der Breite meist gleicht. Der Lokomotionsapparat ist nach Art eines Propellers am Hinterende gelegen und stets mächtig ausgebildet. Die paarigen Flossen dienen nicht als Ruder, sondern zum Balancieren des Körpers. Fische, die diesen Typus besitzen — es gehören hierher alle guten und ausdauernden Schwimmer, wie Haie, Thunfische, Makrelen, Lachse u. a. — sind befähigt, weite Gebiete des Ozeans zu durchschwimmen und Schiffen tagelang zu folgen. Zum zweiten, dem sogenannten sagittiformen oder Pfeiltypus (s. Fig. 1 b), rechnet Schlesinger diejenigen Fische, deren langgestreckter, seitlich komprimierter Körper vom spitzen Kopf an meist rasch nach hinten an Höhe zunimmt und bis zum Schwanzteil gleichbleibt. Als Hauptmerkmal bezeichnet er die Gegenüberstellung von After und Rückenflosse in der Nähe des mächtigen Schwanzruders. Diesem Typus sind alle Fische einzureihen, welche sich ihre Nahrung durch „Stoßrauben" suchen, wie der Hecht (Esox), Hornhecht (Belone), Makrelenhecht (Scomberesox), Röhrenmaul (Aulostoma) u. a.; durch die Anpassung ihres Körpers an den Pfeiltypus wird ein rasches und zielsicheres Losschießen

auf die Beute ermöglicht. Während die beiden eben besprochenen Typen Anpassungen an bewegte Wasserschichten oder an eine durch die Ernährung

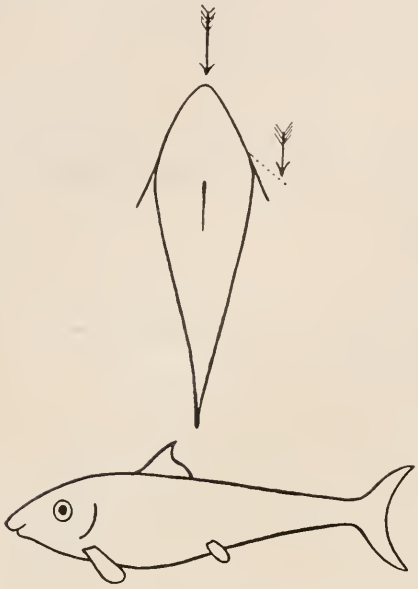

Fig. 1a. Schematische Darstellung des Torpedotypus. (Nach Schlesinger.)

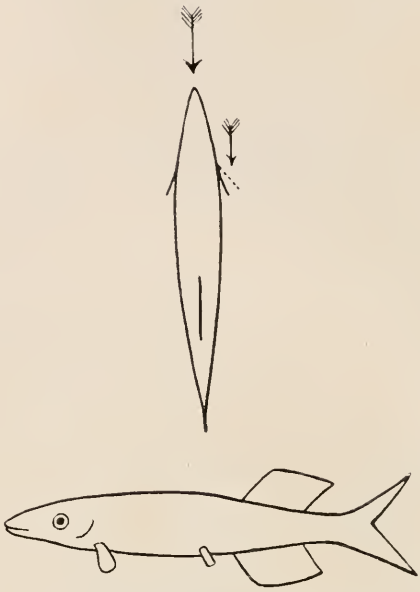

Fig. 1b. Schematische Darstellung des Pfeiltypus. (Nach Schlesinger.)

bedingte bestimmte Art der Fortbewegung darstellen, ist der dritte Typus, der taenioforme oder bandförmige, eine Anpassungsform für jene nektonischen Fische, die sich in ruhigeren Regionen des Meeres aufhalten. Es sind die sogenannten Bandfische, bei denen die Fortbewegung durch schlängelnde Bewegung des ganzen Körpers geschieht, Fische, die meist bedeutende Tiefen des Meeres bewohnen. Zu ihnen gehören z. B. der Degenfisch (Tri-

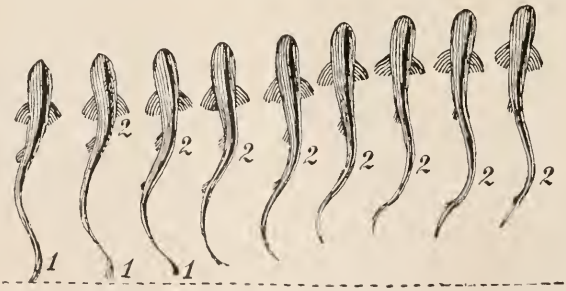

Fig. 2. Schwimmbewegungen des Katzenhaies. Das Fortschreiten der Wellen 1 und 2 über den Körper von vorn nach hinten ist deutlich erkennbar.
(Nach Momentaufnahme von Marey.)

chiurus), Heringskönig (Regalecus), von Süßwasserfischen der Aal (Anquilla) und andere. Auch gewisse Haie (Selachier), deren Hinterkörper seitlich

zusammengedrückt erscheint, können in den taenioformen Typus eingereiht werden. Die genannten Fische bewegen sich stets in schlängelnder Bewegung, wobei entweder der ganze Körper oder nur der Schwanzteil dieselbe ausführt. Die Schwimmbewegung beginnt durch Kontraktion der Längsmuskulatur mit wenigen S-förmigen Bogen; bei zunehmender Vorwärtsbewegung wird die Bogenzahl gesteigert, so daß die Schwimmbewegung als seitliche Wellenbewegung des ganzen Leibes erscheint (s. Fig. 2). Innerhalb der genannten drei Haupttypen wechselt die Körperform in mannigfaltiger Weise und geht in die sonderbarsten Formen über. Sie hängt im wesentlichen vom Aufenthaltsorte des Fisches ab. Die größte Mannigfaltigkeit weisen die Meeresfische auf. Ich erinnere hier nur kurz an die plattgedrückten Schollen oder die dorsoventralen Rochen mit ihrer undulatorischen (wellenförmigen) Fortbewegungsart (s. Fig. 3), den plumpen Seeteufel (Lophius), den Kugelfisch (Tetrodon), den Klumpfisch (Orthagoriscus) und die abenteuerlichen Tiefseefische (Macropharynx, Stylophthalmus, Melanocoetus u. a.), deren Kenntnis wir der trefflichen Arbeit Brauers verdanken.

Fig. 3. Flossenbewegungen eines Rochen, zeigen das Fortschreiten der Wellen 1 und 2 von vorn nach hinten über die Flosse bei unbewegter Wirbelsäule. (Nach Momentaufnahme von Marey.)

Die Größe der Fische variiert außerordentlich. Zu den kleinsten Formen zählen wir Mistichthys luzonensis L. von den Philippinen, ein Fischchen, das nur 12—14 mm erreicht, und den Gobiiden Latrunculus pellucidus Nardo, einen kleinen Fisch mit durchscheinendem Körper, biologisch interessant auch dadurch, daß derselbe das einzige Wirbeltier mit einjähriger Lebensdauer vorstellt. Die größten lebenden Süßwasserfische dürften Arapaima gigas Cuv., ein Bewohner der brasilianischen Flüsse, mit einer Länge von bis zu 4,5 m und Acipenser huso L. (Hausen) mit 5—6 m Länge sein. Die größten Riesen beherbergt aber das Meer. Namentlich die Haie stellen einige Kolosse, z. B. Rhinodon typicum S., welcher eine Länge bis zu 20 m erreicht, ferner Carcharodon Rondeletii (13 m) und Selache maxima C. (10 m). Auch der oben schon erwähnte Heringskönig (Regalecus) wurde mit einer Länge von 6 m beobachtet. Solche Riesen sind natürlich Ausnahmen und gehören lediglich den tiefen Meeren an. Im Süßwasser sind Fische von den erwähnten

Größen erst recht Raritäten, wenigstens in den zivilisierten Gegenden, eine Erscheinung, die wohl der gesteigerten Verfolgung und Verbesserung der Fangmethoden, der Verminderung der natürlichen Nahrung durch Wasserbauten usw. zugeschrieben werden kann. Was das individuelle Wachstum der Fische betrifft, so dauert dasselbe im Gegensatz zu dem der höheren Wirbeltiere wahrscheinlich bis zu ihrem Lebensende fort. Und zwar vollzieht es sich in den ersten Lebensjahren am intensivsten (Beispiel: der Lachs, der im zweiten Lebensjahre bereits 3—6 Pfund Gewicht erreicht), während mit zunehmendem Alter das Tempo ein langsameres wird und an Stelle des Längen- mehr ein Dickenwachstum tritt. Ferner ist bei den meisten Knochenfischen eine jahreszeitliche Schwankung im Wachstum festgestellt. Das Alter dieser Fische läßt sich, wie weiter unten bei Besprechung der Schuppen noch ausführlicher ausgeführt werden wird, wenigstens bis zu einem gewissen Grade durch eine Schicht- und Ringbildung der Schuppen, Otolithen und gewisser Kopfknochen bestimmen. Diese Erscheinung ist eine Folge der Periodizität des Wachstums und direkt abhängig von dessen Schwankung im Verlaufe eines Jahres.

Die Frage, welches Alter überhaupt ein Fisch erreicht, ist nicht sicher zu beantworten. Vermutlich gibt es auch unter den Fischen Arten, denen bald ein längeres, bald ein kürzeres Dasein beschieden ist, je nachdem äußere oder innere Faktoren, wie Feinde, Krankheiten u. dgl., auftreten oder ausbleiben. In den meisten Fällen wird der Tod aber durch Krankheiten verschiedenster Art frühzeitig herbeigeführt, sei es, daß dieselben individueller oder epidemischer Art sind. In der Literatur finden sich einige wenige Angaben über das hohe Alter einiger Fische, die ich aber mit großer Reserve hier wiedergebe. So berichtet Buffon vom Karpfen, daß er bis 150 Jahre alt wird; und im Volke hat sich die Meinung befestigt, daß solchen hundertjährigen Karpfen „Moos auf dem Kopfe wachse“. Im weiteren wird ein Hecht von 267 Jahren erwähnt. Schollen sollen bis 30 Jahre alt werden. Auch Welsen wird von verschiedenen Autoren ein hohes Alter zugeschrieben.

2. Das Skelett der Fische.

Wie bei allen Wirbeltieren, so unterscheidet man auch bei Fischen ein zentrales oder Achsenskelett, das den Schädel und dessen Fortsetzung, die Wirbelsäule mit den verschiedenen Ausstrahlungen, den Rippen und Muskelgräten umschließt, ferner das Viszeralskelett, das aus Bogen gebildet wird, die mehr oder minder den Nahrungskanal umschließen, und schließlich das Skelett der paaren und unpaaren Extremitäten. Auf der niedersten Stufe steht, was die Ausbildung des Skeletts betrifft, bekanntlich das Lanzettfischchen (Amphioxus). Hier findet sich die Wirbelsäule in ihren ersten Anfängen, der ungegliederten Chorda dorsalis; von

ihr gehen die membranösen Stützorgane nach der Rücken- und Bauchseite aus und bilden zusammenhängende Röhren und Platten. Auch bei den Rundmäulern (Cyclostomen) bleibt die Chorda dorsalis das Hauptstützorgan des Körpers; dazu treten noch einzelne Knorpelstückchen, welche einzeln in dem das Nervenrohr und die Chorda umgebenden Bindegewebe liegen. Bei den Haien (Selachiern) entsteht schon die knorpelige Wirbelsäule, indem knorpelige Wirbelkörper sich um die Chorda herumlegen und ein oberes und unteres Paar Bogen tragen (Neurapophysen, Haemapophysen). Auch kommt es bereits zur Ausbildung von knorpeligen Rippen. Die Chorda wird durch stetes Wachstum der Wirbelkörper eingeengt und bleibt in ihrer ursprünglichen Gestalt nur zwischen den Wirbelkörpern erhalten. Auf diese Art entsteht die Doppelkegelform der Wirbelkörper, die man mit bikonkav oder amphicoel bezeichnet. Die Wirbelkörper bleiben, wie schon erwähnt, stets knorpelig, doch können in ihnen schon Kalkabsonderungen nachgewiesen werden. In der Gruppe der Schmelzschupper (Ganoiden) kommt es dann zur teilweisen Verknöcherung der Wirbelsäule, deren höchste Vollendung bei den Knochenfischen (Teleostiern) zu verzeichnen ist. An die Stelle der Chorda dorsalis ist als Stützorgan die knöcherne Wirbelsäule getreten und hat erstere bis auf geringe Reste zwischen die Wirbelkörper zurückgedrängt. Die Zahl der Wirbel ist bei den verschiedenen Gruppen sehr variabel. Bei den meisten Süßwasserfischen zählt man deren 70 bis 80 Stück, der Aal besitzt deren an 200; die größte Anzahl haben die Haie (über 400 Stück), die geringste wohl der Klumpfisch (Orthagoriscus) aufzuweisen (15—16). Interessante Verhältnisse zeigt bei den Fischen die Schwanzregion der Wirbelsäule. Wir unterscheiden beim Fischschwanz drei Formenbildungen. So endet bei Amphioxus, den Neunaugen, den Lungenfischen (Dipnoern) und dem Aal die Wirbelsäule hinten gerade und teilt den Schwanzteil in zwei vollkommen symmetrische Teile; der Schwanz heißt dyphizerk (s. Fig. 4 *A*). In einem anderen Falle liegt das Chordaende bzw. die Wirbelsäule nach oben und bewirkt dadurch eine vollkommen unsymmetrische Teilung des Schwanzteiles. Derselbe wird als heterozerk (s. Fig. 4 *B*) bezeichnet und kommt den Haien und Knorpelfischen (Ganoiden) zu. Im dritten Falle wird die innere Heterozerkie durch die Länge und Richtung der Flossenstrahlen verdeckt, so daß äußerlich eine Symmetrie der Flosse hergestellt erscheint: der Schwanz heißt homozerk. Dabei können die letzten Schwanzwirbel getrennt bleiben wie beim Schlammfisch (Amia, s. Fig. 4 *C*), oder zu einer einheitlichen Knochenspange wie bei den Knochenfischen (Teleostiern, s. Fig. 4 *D*) verwachsen. Ähnlich wie die Wirbelsäule zeigt auch der Schädel eine Reihe fortschreitender Entwicklungsstufen bis zum knöchernen Schädel der Teleostier. Bei Amphioxus ganz fehlend, erscheint er bei den Neunaugen knorpelig oder sogar häutig, bleibt hier demnach noch auf dem Embryonalstadium stehen. Bei den Haien bildet er eine

einheitliche Knorpelkapsel, deren rückwärtiger Teil von der Chorda dorsalis durchsetzt wird. Erst bei den Stören gesellen sich der knorpeligen Schädelkapsel einzelne Knochenstücke hinzu. Dazu kommen verschiedene Knochen des Hautskelettes, das sich bei Schmelzschuppern (Ganoiden) über den

Fig. 4. Skelette der Schwanzflossen vom Djelleh (Ceratodus, *A*), Stör (Acipenser, *B*), Schlammfisch (Amia, *C*) und der Forelle (Salmo, *D*). (Aus Hesse.)

ganzen Körper erstreckt. Aber auch bei vollständiger Verknöcherung des Kopfskelettes bleiben noch Knorpelreste während des ganzen Lebens bestehen, wie man sich bei Knochenfischen (Hecht, Lachs, Karpfen) leicht überzeugen kann. Der knöcherne Kopf besteht aus einer Knochenkapsel zum Schutze des Gehirns und zur Aufnahme dreier Sinnesorgane; er zerfällt in einen nasalen, orbitalen und auditiven Abschnitt, dem noch ein vierter Teil, der sogenannte Wirbelschädel (occipitaler Teil), angegliedert ist. Auf die spezielle Anatomie der Kopfknochen kann hier nicht eingegangen werden.

Die Verbindung des Schädels mit der Wirbelsäule entbehrt in der Regel jeder Artikulation und gestattet nur eine äußerst geringe Beweglichkeit durch einfache Bandverbindung zwischen den Wirbeln. Die feste Verbindung ist für das Wasserleben der Fische von großer Wichtigkeit, da ja der Schädel beim Schwimmen direkt als Wellenbrecher fungiert, was bei einer gelenkigen Verbindung nicht möglich wäre. Auch die Beschaffenheit des Viszeralskelettes steht mit dem Aufenthalte im Wasser in unmittelbarem Zusammenhange. Es besteht aus sieben Bogen. Der vorderste ist der Kieferbogen, welcher in seiner oberen Hälfte aus den Gaumenbeinen (Palatinum), Flügelbeinen (Pterygoid) und Quadratbeinen (Quadratum) zusammengesetzt erscheint, in seiner unteren Hälfte aus dem Unterkiefer (Mandibulare) gebildet wird. Zu diesem Bogen zählen noch der Zwischenkiefer (Prämaxillare) und der sehr variable, meist zahnlose Oberkiefer (Maxillare). Der zweite Bogen ist der Zungenbeinbogen; er zerfällt gleichfalls in zwei Abschnitte, von denen der obere den Tragapparat des Unterkiefers darstellt, während der untere, der echte Zungenbeinbogen, eine Anzahl von Stäben zur Stütze der Kiemenhaut trägt. Daran schließen sich vier Kiemenbogen zum Tragen der Kiemenblättchen und endlich der Schlundbogen, welcher in seiner oberen Hälfte oft verkümmert ist und den Namen unterer Schlundknochen führt. Was die phylogenetische Entwicklung des Viszeralskelettes betrifft, so ist dieselbe der des Schädels sehr ähnlich. Auch hier unterscheidet man einen knorpeligen Zustand, der allein den Haien zukommt, und einen knöchernen, welcher allen höheren Fischen eigen ist. Im Anschlusse an das Viszeralskelett sei noch die Ausbildung des Kiemendeckelapparates (Operculum) erwähnt, welcher aus einer Anzahl knöcherner Platten und Stacheln besteht und zum Schutze des Kiemenapparates dient.

Ich komme zum dritten Teile des Skelettes, dem Extremitätenskelett. Wir unterscheiden bei den Fischen paarige und unpaarige Flossen. Zu den letzteren gehören die Rückenflosse (Pinna dorsalis), die entweder in Ein- oder Zweizahl vorkommt, ferner die Schwanzflosse (Pinna caudalis) und die hinter dem After liegende Afterflosse (Pinna analis). Dazu kommt noch die strahlenlose Fettflosse der Salmoniden, Siluriden und Characiniden (Pinna adiposa). Zu den paarigen Flossen zählen die Brustflossen (Pinnae thoracicae) und die Bauchflossen (Pinnae abdominales). Das System der unpaaren Flossen ist der embryonalen Anlage nach auf eine mediane Hautfalte zurückzuführen, die über den Rücken und Schwanz bis zum After verläuft und später unterbrochen wird, so daß dann die oben genannten Einzelflossen entstehen. Was die paarigen Flossen betrifft, so sind sie den vorderen und hinteren Gliedmaßenpaaren vollständig homolog. Das Bauchflossenpaar kann mitunter nach vorne verlagert werden, selbst sogar vor das Brustflossenpaar zu liegen kommen. Man spricht dann von

Bauch-, Brust- und Kehlflossern. Das Skelett der unpaaren Flossen wird von basalen knorpeligen oder knöchernen Flossenträgern gebildet, während der periphere Flossensaum bei Haien (Selachiern) und Lurchfischen (Dipnoern) durch Hornfäden gestützt wird. Nach neueren Untersuchungen von B r o h l bestehen diese Hornfäden nicht aus einer hornartigen, sondern einer der elastischen Substanz nahestehenden Masse; man bezeichnet sie daher besser als Elastoidinfäden. Auch die Fettflosse der Salmoniden enthält solche. Bei den Knochenfischen enthält der Flossensaum knöcherne Flossenstrahlen, welche nichts anderes als Hautverknöcherungen darstellen. Die Zahl der Flossenstrahlen ist für jede Fischart innerhalb gewisser Grenzen konstant und wird daher zur Bestimmung der einzelnen Arten verwendet. Als Tragapparate der paarigen Flossen fungieren der Schulter- und Beckengürtel, bogenförmige Skelettstücke, welche bei den Haien (Selachiern) nur in die Haut eingelassen sind. Das nämliche gilt auch für den Beckengürtel aller übrigen Fische.

Paarige und unpaarige Flossen kommen nicht allen Fischen zu. So fehlen die ersteren stets den Rundmäulern (Cyclostomen), den Kurzschwanzaalen (Symbranchiden) und der Muräne, während die Bauchflossen bei vielen Knochenfischen rückgebildet sind, z. B. bei den Haftkiefern (Plectognathen), Aalen (Apodes), beim Schwertfisch (Xiphias), Klumpfisch (Orthagoriscus), Butterfisch (Centronotus), Seepferdchen (Hippocampus) u. a. Ein Fehlen der Schwanzflosse ist konstatiert beim Zitteraal (Gymnotus), Degenfisch (Trichiurus), Seepferdchen (Hippocampus), Meerengel (Rhina squatina Dum.). Auch die Afterflosse kann verkrümmt sein oder vollständig fehlen, wie dem Flugfisch (Exocoetus volitans L.), Heringskönig (Regalecus), dem Hai Pristiophorus und den Rochen.

Biologisch interessant ist ferner bei einigen Fischen die Umwandlung der paarigen Flossen zu verschiedenen Hilfsorganen. Die Flossen können den erheblichsten Gebrauchsveränderungen unterliegen und dann als Flugapparate, Tast-, Geh- und Sprungwerkzeuge, als Haftscheiben und Kopulationsorgane funktionieren. So sind z. B. bei allen fliegenden Fischen, wie Exocoetus, Daktylopterus, Pantodon u. a., die Brustflossen zu Flugorganen umgebildet, von denen auf S. 99 ausführlich die Rede ist. Bei den Schlammhüpfern Periophthalmus und Boleophthalmus (s. S. 98) dienen sie zum Klettern auf Bäume, beim Knurrhahn (Trigla) zur Gangbewegung. Bei letzterem besitzen die Brustflossen an ihrer Vorderseite drei Flossenstrahlen, die gelenkig an den Körper angesetzt erscheinen und wie Beine abwechselnd auf den Boden gestemmt und bewegt werden können, wodurch der ganze Fischkörper getragen und vorwärts geschoben wird (s. Fig. 5).

Eine eigenartige Umbildung der Bauch- und Rückenflossen ist jene zu Saugscheiben. Fische, die solche besitzen, sind folgende: der gemeine Seehase (Cyclopterus), die Meergrundeln (Gobiiden) und der Schiffshalter

(Echeneis). Während beim Seehasen und den Meergrundeln die Haftscheibe durch Vereinigung der beiden Bauchflossen zustande kommt und vorwiegend zum Anheften an Steinen u. dgl. dient, trägt der Schiffshalter seine

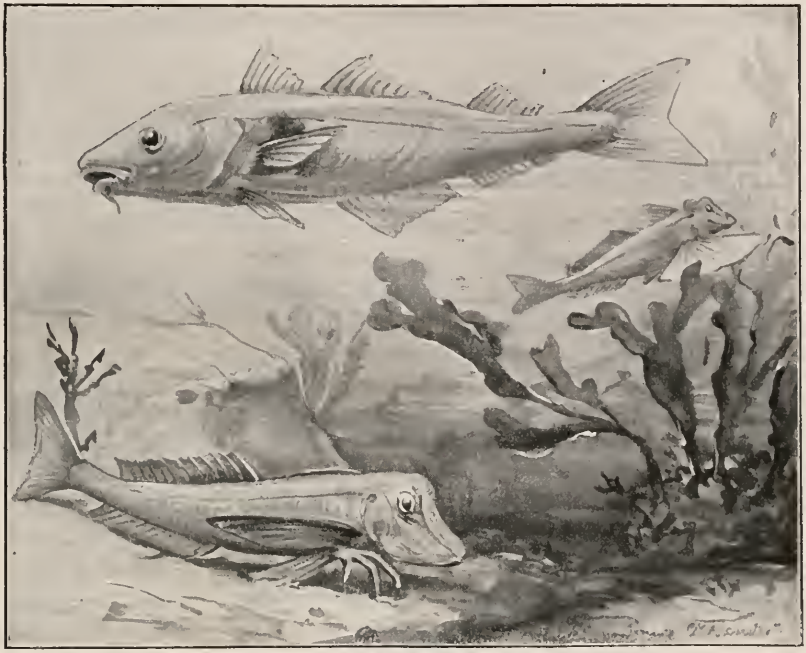

Fig. 5. Trigla (unten) am Boden einherschreitend. (Nach Thesing.)

große Saugscheibe auf der Oberseite des Kopfes (s. Fig. 6). Sie ist umgeben von einem drüsigen Randwulst und enthält eine gewisse Zahl durch Knochenlamellen gestützte Plättchen mit gezähneltem Rande. Dieselben sind beweglich und werden durch besondere Muskelsysteme aufgerichtet, wodurch der Boden der Scheibe von dem sich anlegenden Körper entfernt wird und dadurch ein Unterdruck entsteht, durch den eine feste Verbindung beider

Fig. 6. Schiffshalter. (Aus Kraepelin.)

hergestellt wird. Der Vergleich mit der einzigen fossilen Art dieses Fisches zeigt, daß die Saugscheibe sukzessive auf den Kopf vorgerückt ist und wahrscheinlich aus einer umgewandelten Rückenflosse hervorgegangen ist, wofür

auch die Innervation spricht. Über den Pseudoparasitismus dieses Fisches s. S. 157. Eine weitere Umwandlung von Flossen ist jene zu Tastorganen. So ist beim Gurami (Osphromenus olfax C. V.) der erste Strahl der kehlständigen Bauchflossen auf Körperlänge des Fisches ausgezogen und dient zum Abtasten des Bodengrundes. Das gleiche ist bei seinem nahen Verwandten, dem gestreiften Gurami (Trichogaster fasciatus Schm.) der Fall. Ferner muß ich an dieser Stelle die Umwandlung der Flossen zu Kopulationsorganen erwähnen, wie wir sie bei den Haien (Selachiern), Chimären (Holocephalen) und den Zahnkarpfen (Cyprinodonten) vorfinden. Bei ersteren sind es vorwiegend die Bauchflossen, welche in den Dienst der Kopulation gestellt werden, bei den Zahnkarpfen ist dagegen die Afterflosse zu einem Begattungsorgan umgewandelt. Die Gestalt des letzteren variiert bei den einzelnen Fischfamilien und dient bei der Befruchtung hauptsächlich zum Festhalten an der Urogenitalpapille des Weibchens (s. S. 72). Endlich sei hier der Umwandlung einzelner Flossenstrahlen zu Giftapparaten gedacht, wie sie bei den Petermännchen (Trachinus), dem Froschfisch (Thalassophryne) und Drachenköpfen (Scorpaeniden) vorkommen. Gewöhnlich sind es die ersten Flossenstrahlen der Rückenflosse, welche Wunden schlagen und zugleich als giftleitende Apparate fungieren (s. S. 153).

Fragen wir nach der physiologischen Bedeutung der Flossen, so muß der Schwanzflosse als dem Hauptbewegungsorgan die erste Rolle zugewiesen werden. Der Fisch schlägt mit seiner Schwanzflosse abwechselnd nach rechts und links und schießt dadurch im Wasser nach vorwärts. Dabei erfolgt nach Hesse die Bewegung stets derart, daß die Wellen senkrecht zur Medianebene des Tieres verlaufen, also bei den meisten Fischen in der Horizontalebene; eine Wellenbewegung in der Medianebene dagegen fehlt den Fischen. Eine Ausnahme scheinen auf den ersten Blick die plattgedrückten Schollen zu machen; aber sie bewegen sich bekanntlich nach Art der Blutegel, d. h. sie schwimmen mit der Breitseite nach oben, wobei ihre Medianebene horizontal steht. Was die beiden anderen unpaaren Flossen, also Rücken- und Afterflosse, betrifft, so dienen sie dem Schiffskörper des Fisches als Kiel mit der Aufgabe, die Richtung und Lage beim Schwimmen zu erhalten. Bei plötzlicher Änderung der Schwimmrichtung werden sie aber sofort niedergelegt, um die Wendung nicht zu vereiteln. Die paarigen Flossen der Fische, Brust- und Bauchflossen, spielen für die Schwimmbewegung selbst eine ziemlich untergeordnete Rolle. Ihre Bedeutung als Steuerapparate ist indes nicht zu unterschätzen, indem sie dem Körper eine steigende oder fallende Richtung geben. Außerdem dienen beide Flossenpaare zur Erhaltung des Gleichgewichts. Bei einer schnellen Vorwärtsbewegung drückt der Fisch die paarigen Flossen dicht an den Leib an, bei langsamem Schwimmen dagegen faltet er sie aus. Auch bei ruhigem Schweben im Wasser werden vermittels der Brustflossen fächelnde

Bewegungen ausgeführt, um den aus den Kiemenspalten austretenden Wasserstrom zu überwinden, welcher den Körper sonst vorwärts treiben würde. Da den paarigen und unpaaren Flossen, mit Ausnahme der Schwanzflosse, nur geringe Kraftleistungen obliegen, so sind sie im allgemeinen mit schwachen Muskeln ausgestattet und durch Weichteile mit dem übrigen Skelett befestigt. Hier machen einige Fische eine Ausnahme, bei denen die Fortbewegung nur durch Bewegung der Rücken- oder Afterflosse mit gleichzeitiger Unterstützung der paarigen Flossen erfolgt. Zu ihnen gehören der Petersfisch (Zeus faber L.), der Hornfisch (Balistes), die Seenadel (Syngnathus) und das Seepferdchen (Hippocampus). Bei diesen Fischen ist die Rückenflosse mit den Fortsätzen der Wirbelsäule durch Verknöcherung fix verbunden und die Flossenmuskulatur stark entwickelt. Beim Seepferdchen erfordert Kleinheit der Ruderfläche auch eine große Geschwindigkeit im Ablauf der Wellen, so daß die Flossenbewegungen ungeheuer rasch (15 bis 20 in der Sekunde) erfolgen müssen; trotzdem beträgt die Durchschnittsgeschwindigkeit beim Hinauf- und Hinabschwimmen nur 4 cm in der Sekunde (H e s s e). Über Kraftleistungen und Ausdauer der guten Schwimmer wird im nächsten Kapitel die Rede sein.

3. Haut und Muskulatur.

Gleich den höheren Wirbeltieren baut sich bei den Fischen die Haut oder das Integument aus zwei Schichten, einer ektodermalen Epithellage, der Epidermis oder Oberhaut, und einer darunter gelegenen mesodermalen Bindegewebsschicht, der Kutis oder Lederhaut, auf. Die Epidermis besteht stets aus einigen Zellschichten; nur beim Lanzettfischchen (Amphioxus) ist sie einschichtig. Die oberen Lagen dieser Zellen, welche mit dem Wasser in stete Berührung kommen, sind flach abgeplattet und bilden nach außen hin in seltenen Fällen eine Verhornung; diese besteht dann aber immer nur aus einer Zellage. In den unteren Lagen sind die Zellen gleichmäßig polyedrisch und haben die Aufgabe, die an der Oberfläche gelegenen stets zu regenerieren. In der Epidermis finden sich Drüsen wie Schleimzellen, deren Sekret den Fisch überzieht und ihm die bekannte Schlüpfrigkeit verleiht. Die Lederhaut oder Kutis besteht hauptsächlich aus bindegewebigen Fasern, deren Bündel regelmäßig verlaufen und sich in den aufeinanderfolgenden Lagen diagonal überkreuzen. In ihr verlaufen Lymphgefäße, Blutgefäße, Nerven, und sind Fette und Farbstoffe abgelagert. Außerdem treten hier Verknöcherungen auf, welche das H a u t s k e l e t t der Fische bilden.

Zu diesem rechnet man einerseits die Schuppen, anderseits gewisse Knochenplatten und Zahnbildungen. Fische, denen Hartgebilde beider Art fehlen, sind Amphioxus, die Rundmäuler (Cyclostomen), einige Rochen und Chimären sowie Knochenfische, wie der Koppen (Cottus gobio L.) und der

Wels (Silurus glanis L.). Als Ausgangspunkt von Hautverknöcherungen betrachtet man die Hautzähne der Selachier, die als Knochenplättchen in der Lederhaut entstehen und mit einem Hautzahn ausgestattet werden, welcher ebenfalls ein Kutisgebilde darstellt und von der Epidermis einen Schmelzüberzug erhält. Aus diesen Gebilden (Placoidschuppen) entstanden dann, wahrscheinlich durch Verschmelzung der Basalplättchen und Rückbildung der Zähnchen die Knochenplatten der Ganoiden (Schmelzschupper). Auch verschiedene Knochenfische besitzen einen derartigen Hautpanzer, wie der Panzerwels (Callichthys), der Kofferfisch (Ostracion), der Igelfisch (Diodon), das Seepferdchen (Hippocampus) und der Stichling (Gasterosteus).

Bei den Ganoidfischen begegnen wir aber auch den sogenannten Ganoidschuppen. Diese stellen rhombische, in Reihen angeordnete Schuppen vor, welche aus einer unteren Knochen- und einer oberen, dem Aussehen nach dem Schmelz ähnlichen, der sogenannten Ganoidschicht bestehen (z. B. beim Knochenhecht, Lepidosteus). Die meisten Knochenfische besitzen in eigenen Taschen der Kutis gelagerte Schuppen. Man kennt deren zweierlei, solche mit rundem Rande (Cycloidschuppen) und solche mit kammförmig gezähntem Hinterrande (Ctenoidschuppen). An ihnen lassen sich, wie Untersuchungen von H a s e in neuerer Zeit gezeigt haben, zwei Schichten unterscheiden, eine obere, die sogenannte Hyalodentinschicht, welche aus einer anorganischen, glasurartig homogenen Masse besteht, und eine untere, die Faserschicht, die aus parallel zur Schuppenfläche verlaufenden Lamellen gebildet wird. Diese Lamellen bestehen ihrerseits aus feinen Fibrillenbündeln, die in jeder Lamelle einander parallel verlaufen. Der Entstehung nach ist die Schuppe der Teleostier ein Mesodermgebilde. Interessant ist ferner der durch A g a s s i z geführte Nachweis der segmentalen Anordnung der Schuppen, die sich schon äußerlich durch die Übereinstimmung der Zahl der queren Schuppenreihen mit jener der Wirbel zeigt; sie spielt bei der Systematik eine wichtige Rolle (s. S. 131). H a s e konnte noch weitergehend zeigen, daß jedem Muskelsegment eine Schuppenreihe entspricht. Von biologischer Bedeutung ist die Altersbestimmung des Fisches auf Grund der konzentrischen Leisten oder Anwachsstreifen der Schuppen. Bei der mikroskopischen Betrachtung erkennt man deutlich einen verschieden großen Abstand der Leisten innerhalb der Schuppe. H o f f b a u e r fand, daß die weiter auseinanderstehenden Ringleisten im Frühjahre, die eng zusammenschließenden im Herbste gebildet werden. Der vollständige Stillstand des Wachstums im Winter wird durch das jähe Auftreten des nächsten zweiten Frühjahrsteiles nach dem engen Herbstteile des Vorjahres zum Ausdruck gebracht. Es wird also in jedem Jahre eine Wachstumszone gebildet, die aus weit- und enggebildeten Ringleisten besteht. Die Zahl dieser Zonen läßt das Alter des Fisches direkt erkennen (s. Fig. 7). Die gleiche Zonenbildung findet sich, wie hier kurz bemerkt sei,

auch an gewissen Kopfknochen, Wirbelkörpern und den Otolithen der Fische und gewährt damit eine Kontrolle für das an den Schuppen erhaltene Ergebnis.

Mit der Besprechung der Haut sei an dieser Stelle auch der physiologische Vorgang der Fischfärbung kurz behandelt. Was zunächst die farbenbildenden Elemente betrifft, so kommen deren drei in Betracht: Farbzellen oder Pigmentzellen (Chromatophoren), gefärbte Fetttröpfchen (Lipochrome) und kleine kristallähnliche irisierende Gebilde von länglicher Form, sogenannte Guaninkristalle. Letztere haben ihren Sitz in einem unter der Schuppe gelegenen Häutchen, finden sich aber auch in und auf inneren Organen, wie z. B. dem Bauchfelle, der Schwimmblase vor. Sie bewirken die Silberfärbung der Fische. Durch diese ihre Eigenschaft werden sie bei manchen Fischen, z. B. der Laube (Alburnus lucidus Heck), sehr wertvoll und technisch zur Herstellung von künstlichen Perlen (sogenannter Pariser oder römischer Provenienz) verwendet. Die Chromatophoren oder Pigmentzellen sind meistens sternförmig verästelte Zellen (Sternzellen), in deren Inneren der aus feinsten Körnchen bestehende Pigmentfarbstoff abgelagert erscheint. Je nach der Färbung unterscheidet man schwarze Pigmentzellen (Melanophoren), gelbrote (Xanthophoren) und helle (Leukophoren), außerdem wurde noch beim schwarzäugigen Lippfisch (Crenilabrus melops Cuv.) ein blaues Pigment nachgewiesen. Die Chromatophoren sind meistens zwischen Ober- und Unterhaut in großer Zahl abgelagert und einer Eigenbewegung fähig. Auf dieser beruht der Farbwechsel der Fische. Unter dem Einfluß des Nervensystems (Tastsinn) und der Lichtreizung können sich die Chromatophoren ausdehnen und zusammenziehen; im ersteren Falle verteilen sich die in ihnen angehäuften Farbstoffkörperchen auf eine größere Fläche, wodurch eine intensive Färbung der Haut eintritt, im anderen Falle werden die Farbstoffelemente konzentriert, was ein Abfärben bzw. Abblassen zur Folge hat.

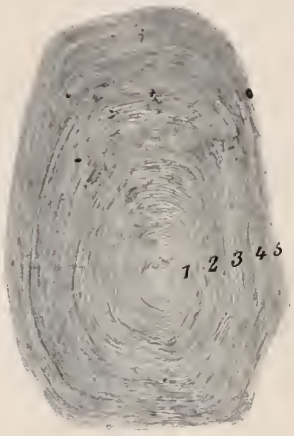

Fig. 7. Schuppe eines 4 Jahre 8 Monate alten Huchens (S. hucho L.) mit 5 Jahreszonen.

Diese physiologischen Vorgänge stehen, wie schon erwähnt, unter dem Einfluß des Nervensystems. v. Frisch konnte an diesem zwei Zentren für Pigmentkontraktion feststellen; das eine als Hauptzentrum am Vorderende des verlängerten Markes, das andere im Rückenmark von der Region des 15. Wirbels bis gegen den Kopf. Wird das Hauptzentrum in Erregung gebracht, so erfolgt prompt Pigmentballung, während eine Zerstörung desselben Expansion der Pigmentzellen nach sich zieht. Das Nebenzentrum

vermag selbst nach dem Tode des Fisches Erregungen auszulösen, welche alle Pigmentzellen zu starker Kontraktion anregen. Eine große Abhängigkeit besteht zwischen Lichtwirkung, Augen und Nervensystem. Das Licht ist der Hauptfaktor, der am Zustandekommen des tonischen Kontraktionszustandes der Pigmentzellen Anteil hat. Geblendete Fische zeigen keine Lichtempfindlichkeit der Chromatophoren. Bei Dunkelheit erfolgt ein Abblassen durch gleichmäßige Kontraktion der Chromatophoren. Interessant sind in dieser Hinsicht Wahrnehmungen Ogneffs, die er an drei Jahre im Dunkeln gehaltenen Goldfischen gemacht hat. Während nach kurzer Einwirkung von Finsternis die dunklen Melanophoren alle ihre Verzweigungen ausstreckten und die darunter liegende Schicht mit den daselbst befindlichen Kristallen, die den Fischen die goldige Färbung verleihen, vollkommen verdeckten, wurden sie in späterer Zeit von Phagozyten aufgezehrt, so daß der Fisch sein früheres Aussehen zurückerhielt. Auch elektrische und thermische Reize beeinflussen die Chromatophoren; so rufen erstere stets Kontraktion der Chromatophoren hervor, während letztere bei plötzlicher Einwirkung den gleichen Effekt erzielen, bei längerer Einwirkung aber wieder normale Färbung hervorrufen.

Auf all diesen Nervenreizen beruht die Färbung der Fische, welche man auf darwinistischer Grundlage als Schutz-, Trutz-, Warnungs- und Schreckfärbung zu bezeichnen pflegt. Von ihr wird in Kap. III noch ausführlich die Rede sein (s. S. 146). Sind diese Reize in der Regel äußere, so können auch innere, wie psychische Erregungen, plötzlichen Farbenwechsel auslösen. Die schönsten Beispiele liefern die Makropoden oder Großflosser sowie der Kampffisch (Betta pugnax G.), welcher von den Siamesen zu Wettkämpfen „dressiert" wird. Der sonst unscheinbar gefärbte Fisch erstrahlt im gereizten Affekte in schönster Farbenpracht. Auch der gemeine Stichling (Gasterosteus aculeatus L.) hat die Fähigkeit, unter dem Einflusse seelischer Eindrücke ein lebhaftes Farbenspiel anzunehmen. Ähnliches ist von den als Zierfische gehaltenen Maulbrütern (Cichliden) bekannt.

Neben dem Einfluß des Lichts und Nervensystems sind für die Färbung stabile Veränderungen, die von physiologischen Entwicklungen der inneren Organe abhängen, von Wichtigkeit. Hierher muß insbesondere das bei vielen Fischen zur Laichzeit auftretende Hochzeitskleid gerechnet werden, welches in der Regel vielen Männchen zukommt (s. S. 103).

Vollkommener Mangel von Chromatophoren in der Haut oder Albinismus ist bei Fischen im allgemeinen selten; immerhin kommen gelegentlich Fälle zur Beobachtung. Solche sind vom Bachsaibling (Salmo fontinalis Mitsch.), beim Sterlet (Acipenser ruthenus var. alba), dem Goldfisch (Carassius auratus vulgaris Bleek.) u. a. beschrieben worden. Viel häufiger, zum Teil ein Kunstprodukt, ist der Xanthorismus. Man versteht darunter eine intensive Goldfärbung, die dadurch zustande kommt, daß

die Melanophoren durch Überhandnehmen der Xanthophoren zurückgedrängt werden. Diese Erscheinung tritt schon in der freien Natur bei einigen Fischen auf, z. B. bei der Schleie (Tinca aurata Cuv., „Goldschleie" genannt), Aland (Idus melanotus var. orfus L., „Goldorfe"), Moderlieschen (Leucaspius delineatus v. Siebold, in Rotfärbung „Goldlieschen" genannt). Das bekannteste Beispiel ist aber der chinesische Goldfisch (Carassius auratus vulgaris L.), welcher von den Chinesen und Japanern aus der gewöhnlichen Karausche gezogen und gegenwärtig in sieben Spielrassen gezüchtet wird.

Im Anschlusse an die Haut sei hier auch die Muskulatur der Fische besprochen. Während beim Lanzettfischchen (Amphioxus) die gesamte Muskelmasse in einem längs jeder Körperseite verlaufenden Längsbande verläuft, tritt schon bei den Rundmäulern (Cyclostomen) eine Differenzierung in Kopf und Viszeralmuskeln ein. Mit der Entwicklung des Skeletts bei höheren Fischen geht auch eine solche der Muskeln Hand in Hand. Man kann hier im allgemeinen drei Systeme unterscheiden: Kopf-, Rumpf- und Flossenmuskeln. Die Kopfmuskulatur, zu der die Kiefer- und Kiemenmuskeln gehören, ist bei vielen Fischen, besonders den Raubfischen, stark ausgebildet. Insbesondere der Kaumuskel spielt bei allen Fischen mit weitgespaltenem Maule eine erste Rolle. Aber auch die Schlundknochenmuskulatur der Friedfische bleibt nicht zurück.

Was die Muskulatur der Extremitäten betrifft, so ist dieselbe nur wenig stark entwickelt und an Flossenstrahlen und Flossenträgern befestigt. Der größte und zugleich wichtigste Muskel im ganzen Systeme ist aber der große Seiten- bzw. Schwanzmuskel. Derselbe erscheint in vier Längsbändern, welche durch bindegewebige Scheidewände (Myocommata) in einzelne Abschnitte (Myomeren) eingeteilt werden. Dieselben stimmen einerseits mit der Zahl der Wirbel, anderseits, wie schon oben erwähnt, mit jener der Schuppenreihen vollständig überein. Jede Scheidewand ist an der Mitte und den Fortsätzen eines Wirbels und in der Abdominalregion an dessen Rippen befestigt. Die einzelnen Muskelteile haben die Gestalt von Kegelmänteln, welche tütenartig ineinandergesteckt sind und auf einem Querschnitt das Bild von konzentrischen Ringen erkennen lassen.

Der große Seitenmuskel der Fische (das „Fleisch") ist für seinen Träger von größter Bedeutung, da derselbe ihn zu großen Kraft- und Schwimmleistungen befähigt. So ist vom Lachs bekannt, daß er bei seinen Wanderungen 2—3 m hohe Wehre überspringt und stromaufwärts pro Tag (24 Stunden) etwa 40 km zurücklegt. Ähnliches wurde für andere Fische ermittelt, z. B. die Forelle (Trutta fario L.) 32 km (pro 24 Stunden), Hecht (Esox lucius L.) 23 km, Barbe (Barbus fluviatilis Ag.) 18 km, Aal (Anquilla vulgaris L.) 12 km, ebenso die meisten Cypriniden 12 km pro 24 Stunden.

Als eine Modifikation des Muskelgewebes können die elektrischen

Organe betrachtet werden, welche einer Anzahl von Fischen zukommen (s. S. 155) und denselben als Verteidigungs- und Angriffswaffen dienen. In seinem Bau zeigt das elektrische Organ aller Fische eine völlige Gleichartigkeit, indem es aus einer Reihe von Schichten besteht, die der Voltaschen Säule ähnelt. Diese Schichten oder Fächer sind von einer bindegewebigen Hülle umgeben und durch bindegewebige Scheidewände in regelmäßig angeordnete Reihen geteilt. In jedem Fache liegt das elektrische Elementarorgan eingebettet, das bei allen Formen sehr einheitlich gebaut ist. Wie Pütter ausführt, tritt der Nerv in einem äußerst reich entwickelten Endorgan an die „elektrische" Platte heran mit zahlreichen Verästelungen und einer Schicht kernhaltigen Plasmas, eine eigene „Nerven-

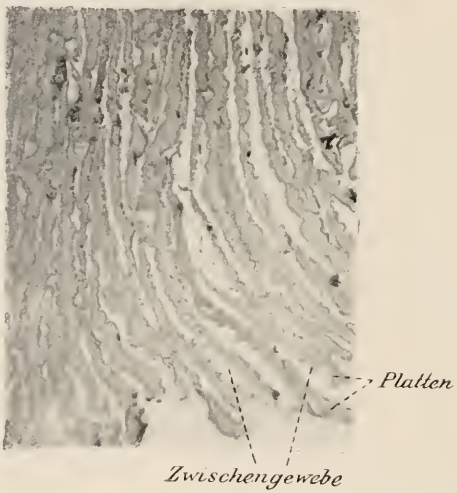

Fig. 8. Querschnitt der Platten des elektrischen Organs vom Zitterwels (Malapterurus).

schicht" des Organs bildend. Dieses Endorgan des Nerven liegt einer dickeren kernhaltigen Plasmaschicht an, welche die Hauptmasse des Organs bildet und durch zahlreiche Papillen eine bedeutende Oberflächenvergrößerung erhält. Die Oberfläche der Plasmapapillen grenzt an ein Gallertgewebe, das den übrigbleibenden Raum des Faches ausfüllt. Das ganze elektrische Organ erweist sich also als eine Summe von Endplatten, welche mit gallertartigen Schichten (Zwischengewebe) abwechseln — entsprechend dem Kupfer und Zink der Voltaschen Säule (s. Fig. 8). Während es so bei allen elektrischen Fischen als umgewandeltes Muskelgewebe angesehen werden kann, liegt bei einem Fische, dem Zitterwels (Malapterurus) die Ausnahme vor, daß es hier als umgewandelte Drüsenzellen gedeutet werden muß. Über die Lage und Größe der Organe bei den einzelnen Fischen sei ebenfalls auf S. 155 verwiesen.

Was die physiologische Wirkung des elektrischen Organes betrifft, so

liegen verschiedene Messungen vor. Die einzelnen Entladungen vollziehen sich zunächst mit größter Geschwindigkeit (150—300 pro Sekunde) und erfolgen stets auf Impulse vom Nervensysteme her, mit dem jede Platte in Verbindung steht. Die Stärke der Entladungen hängt vollständig von der Größe, dem Wohlbefinden und der Willenskraft des Fisches ab. Sie kann recht bedeutend sein und ist bei einzelnen Fischen (Zitteraal, Gymnotus) auf 300 Volt geschätzt worden. Beim Zitterrochen (Torpedo) ist von Cremer die maximale elektromotorische Kraft eines kräftigen Schlages mit 70—80 Volt gemessen worden.

4. Das Nervensystem der Fische.

Wie bei den höheren Wirbeltieren zerfällt auch bei den Fischen das Nervensystem in ein zentrales mit Gehirn und Rückenmark, in ein peripheres, das durch Nerven und Ganglien repräsentiert wird, und ein sympathisches, welches unter der Wirbelsäule verläuft und die Eingeweide versorgt.

Das Gehirn der Fische ist verhältnismäßig klein und füllt die Schädelhöhle niemals ganz aus. Der leere Raum in der das Gehirn umkleidenden Schädelkapsel wird hauptsächlich von einer Gallertmasse, welche eine große Menge Fett enthält, ausgefüllt. Die Kleinheit des Gehirns ist damit zu erklären, daß dasselbe mit dem übrigen Körperwachstum nicht gleichen Schritt hält, so daß häufig bei Individuen, von denen das eine die doppelte Größe des anderen hat, das Gehirn von gleicher Größe ist. Es beträgt z. B. bei der ausgewachsenen Rutte (Lota vulgaris L.) den 700. Teil des gesamten Körpergewichts, beim Hecht (Esox lucius L.) etwa den 1300. Teil. Bei Hai- und Thunfischen ist es noch kleiner und beträgt bei letzteren etwa den 37000. Teil des Gesamtgewichtes.

Der Bau des Gehirns ist bei allen Fischen, mit Ausnahme vom Lanzettfischchen (Amphioxus), wo jede Hirnbildung fehlt, der gleiche, d. h. man findet überall eine Zergliederung in Vorder- oder Großhirn (Prosencephalon), Zwischenhirn (Thalamencephalon), Mittelhirn (Mesencephalon oder Corpora quadrigemina), Hinter- oder Kleinhirn (Cerebellum) und Nachhirn oder verlängertes Mark (Medulla oblongata). Dagegen unterscheiden sich die einzelnen Hirnteile bei den einzelnen Fischklassen nicht unwesentlich in anatomisch-histologischer Richtung, doch muß ich in dieser Richtung auf die einschlägige Literatur verweisen. An dieser Stelle seien die Hirnteile, zumal jene der Teleostier, nur allgemein kurz behandelt.

Das Großhirn der Fische ist im Gegensatz zu dem der höheren Wirbeltiere sehr unvollkommen ausgebildet. An Stelle der Großhirnrinde findet man nur eine dünne Epithelschicht, das Pallium, welches keine eigentlichen Nervenzellen enthält und daher keineswegs, wie bei höheren Tieren,

geeignet sein kann, Sitz des Verstandes zu sein. Nur die Haifische (Selachier) besitzen an Stelle des Palliums eine nervöse Großhirnrinde. Stark ausgebildet sind die zu selbständigen Abschnitten gewordenen Riechlappen (Lobi olfactorii), die entweder dem Großhirn dicht anliegen oder vermittels eigener Stränge (Tractus olfactorii) verbunden sind. Im Verhältnis zum Großhirn sind alle anderen Hirnteile, mit Ausnahme des Zwischenhirns, stärker entwickelt. Die beiden Hälfen des Zwischenhirns sind klein, dagegen finden sich an ihrer Basis zwei für die Fische charakteristische Anschwellungen, die Lobi inferiores und dazwischen der Sacculus vasculosus. Das Mittelhirn weist, von oben aus gesehen, zwei in der Mittellinie sich berührende ovale Massen, die Sehhügel (Thalami optici) auf, welche in ihrem vorderen Teile durch eine mächtige Querkommissur miteinander verbunden sind. Das Kleinhirn oder Cerebellum ist eine knopfförmige Masse, die sich senkrecht hinter den Sehhügeln erhebt. Das Cerebellum wird in neuester Zeit von F r a n z als Zentralorgan der verschiedensten Sinnesgebiete gedeutet; der Autor schreibt ihm für die Fische dieselbe Bedeutung zu, die bei Säugern das Großhirn einnimmt. Seine Aufgabe ist es, Eindrücke aus den verschiedenen Sinnesgebieten zu assoziieren und die daraus resultierenden Impulse an die motorischen Kerne abzugeben. Der an das Kleinhirn anschließende letzte Gehirnabschnitt, das Nachhirn, ist seinem Baue nach eine unmittelbare Fortsetzung des Rückenmarks und heißt daher auch das verlängerte Mark. An ihm entwickeln sich oft seitliche Anschwellungen, die Lobi posteriores, so z. B. bei Haien am Ursprung des Vagusnerven, bei den elektrischen Rochen als großer Lobus electricus.

Das R ü c k e n m a r k überwiegt an Masse das Gehirn bedeutend, liegt über der Wirbelsäule und erstreckt sich hier, umgeben von den dorsalen Wirbelfortsätzen, bis zum Schwanze. Es ist im allgemeinen ein gleichförmiger zylindrischer Strang und zeigt in einigen Fällen (bei Trigla) an seinem vorderen Abschnitte dem Ursprunge der Spinalnerven entsprechende paarige oder unpaare Anschwellungen. Bei einigen Fischen ist der Strang sehr verkürzt, z. B. den Haftkiefern (Plektognathen); diese Verkürzung erreicht z. B. beim Sonnenfisch (Orthagoriscus) das höchste Maß, indem es hier zu einem kurzen Anhang des Gehirns zusammenschrumpft. Jedem Wirbel und Muskelsegment entsprechend gehen vom Rückenmark zwei Nervenwurzeln ab, deren Ausläufer sich im Körper fein verzweigen.

Aus dem Gehirn entspringen eine Anzahl von Hauptnervenpaaren, welche die einzelnen Organe versorgen und das periphere System bilden. Man teilt sie ein in solche, die selbst Divertikel des Gehirns sind (Olfaktorius und Optikus), ferner in Nerven, welche vom Gehirn ausgehen (Okulomotorius und Trochlearis) und solche, die aus dem Nachhirn entspringen (Trigeminus, Fazialis, Abduzens, Akustikus, Glossopharyngeus, Vagus).

In Verbindung mit den peripheren Nerven steht ein System von Ganglien

und Nerven, das sympathische Nervensystem, welches in zwei Längssträngen zu den Seiten der Wirbelsäule verläuft, mit den Gehirn- und Rückenmarksnerven kommuniziert und an den Vereinigungsstellen Ganglienzellen entwickelt, die ihrerseits wiederum Nervenäste an die verschiedenen Eingeweide und die Haut abgeben.

Mit der Besprechung des Gehirns verbindet sich zugleich die Frage, ob wir imstande sind, den Fischen ein gewisses Denkvermögen zuzuschreiben. Die Frage muß auf Grund von Erfahrungen und Versuchen, die in der Praxis gemacht wurden, entschieden bejaht werden. Fische sind fähig, durch Erfahrung zu lernen. Der ihnen angeborene Fluchttrieb kann durch Gewöhnung an sonst scheuchende Eindrücke gemindert werden, doch geht die „Zähmung" verloren, wenn neue Reize einwirken. So ist bekannt, daß man z. B. Goldfische, Stichlinge (s. Fig. 9) derart zähmen kann, daß sie das ihnen gebotene Futter aus der Hand nehmen. Ähnliches wird von Forellen und anderen Fischarten, ja sogar von Haifischen berichtet. Wird dagegen ein derartig gezähmter Fisch am Schwanz aus dem Wasser gehoben und wieder ausgelassen, so kommt er längere Zeit nicht mehr heran und legt abermals eine große Scheu an den Tag. Fische lernen ferner auch zur Nahrung herankommen, wenn andere als die von dieser selbst ausgehenden Reize auf Fütterung hinweisen. Sie schwimmen nicht mehr allein auf die Brocken los, sondern der Anblick des Fütterers allein führt sie zu diesem hin, eine Beobachtung, die man in jeder Forellenzuchtanstalt machen kann. Auch an die Stunde der Fütterung „gewöhnen" sich die Fische und suchen selbst zur bestimmten Stunde den Futterplatz auf. Die Frage, ob die Fische ein Ortsgedächtnis besitzen, ist kürzlich von Franz behandelt und bejaht worden. Das Ortsgedächtnis der Fische beruht im wesentlichen darauf, daß Eindrücke, die von der Umgebung auf die Sinnesorgane ausgehen, im Gehirn zurückbleiben und mit

Fig. 9. Stichlinge (Gasterosteus) aus der Hand fressend.
(Nach einer Zeichnung von Dr. W. Roth aus den Blättern für Aquarien- und Terrarienkunde.)

gleichfalls zurückbleibenden Eindrücken von ausgeführten Bewegungen verknüpft werden. Unter allen Fischen vermag sich, wie aus bestimmten Beobachtungen hervorgeht, der Karpfen (Cyprinus carpio L.) die beste Ortskenntnis anzueignen. Wird derselbe z. B. in einen neuen Teich übersetzt, so sucht er hier vorsichtig alle Stellen ab und kehrt, wenn er dabei gestört wird, auf demselben Wege, wie er gekommen ist, zurück. In Seen sollen die Karpfen Vorposten aussenden, die das Gelände nach einem passenden Laichplatz absuchen und erst dann ihre Artgenossen holen. Versperrt man die von dem flachen Laichplatz nach der Tiefe führenden Ausgänge durch Netze, so sucht der Fischschwarm, sofern er beunruhigt wird, einen Ausgang nach dem anderen auf und erst, wenn er alle versperrt vorfindet, bricht er in allgemeine Verwirrung aus. Ja selbst im Stellnetz versucht der eine oder der andere Fisch diesem durch Überspringen oder Unterwühlen zu entrinnen. Ähnliche Vorgänge, welche auf ein Ortsgedächtnis schließen lassen, sind von anderen Fischen, wie Hechten, Weißfischen und insbesondere den Salmoniden festgestellt worden, welch letztere bekanntlich oft jahrelang den gleichen Laichplatz aufsuchen.

In ähnlicher Weise können nach Franz die großen Wanderungen der Meerfische in der Laichzeit mit einer hohen Ausbildung des Ortssinnes in Zusammenhang gebracht werden. Es ist ja natürlich nicht anzunehmen, daß diese Fische das ganze Gebiet, soweit sie es durchschwimmen, auch genau kennen. Doch kommt ihnen beim Absuchen und Auffinden der geeigneten Laichstätten ein gewisses Maß von Ortssinn zweifellos zu Hilfe, da ja sonst die Fische planlos umherschwimmen würden, was aber erfahrungsgemäß nicht stattfindet (siehe auch Kapitel „Wanderungen“, S. 130).

Wie schon oben erwähnt, hat die genaue anatomische Untersuchung des Gehirns Anhaltspunkte ergeben, daß die Fische in dem Kleinhirn ein Universalzentrum besitzen, welches, wie die beschriebenen Vorgänge zeigen, imstande ist, ein hohes Maß von Gedächtnis und Assoziationsfähigkeiten auszulösen.

5. Die Sinnesorgane.

a) Der Geruchs- und Geschmackssinn.

Die Nase oder das Geruchsorgan besteht bei allen Fischen, mit Ausnahme des Lanzettfischchens (Amphioxus) und den Rundmäulern (Cyclostomen) aus jederseits zwei durch eine Hautbrücke getrennten Nasenlöchern, die von einer radiär gefalteten Riechschleimhaut ausgekleidet sind (s. Fig. 10). Die vordere Öffnung dient dem Einströmen, die rückwärtige dem Ausströmen des Wassers. Bei Amphioxus und den Neunaugen ist das Riechorgan unpaar; bei ersterem stellt es eine als Riech- oder Flimmergrube bezeichnete Vertiefung in nervöser Verbindung dar, bei letzteren bildet es einen flaschen-

förmig erweiterten Nasensack, von dessen Grunde bis an die Decke der Mundöffnung ein Kanal führt, welcher entweder blind geschlossen endigt (bei den echten Neunaugen oder Petromyzonten) oder den „Gaumen" durchbohrt und in die Mundhöhle führt, so daß eine innere Nasenöffnung, eine Choane, entsteht (beim Schleimaal, Myxine und Bdellostoma). Daß die unpaare Nasenöffnung der Cyclostomen durch Zusammenschmelzung der paaren Nasengruben hervorgegangen ist, dafür zeugt das Herantreten eines paarigen Riechnerven (Nervus olfactorius) an jene. Bei den Lurchfischen (Dipnoern) münden die knorpeligen Nasenkapseln unter der Oberlippe und besitzen gleich den Luftatmern zwei das Gaumendach durchbrechende Öffnungen, was als eine Anpassung an die Luftatmung erscheint (s. S. 63). Während bei allen höheren Fischen die paarigen Nasenöffnungen die Lage zwischen Mund und Auge einnehmen, liegen sie z. B. bei Haien und Rochen auf der Unterseite des Kopfes und können mit der Mundöffnung durch eine Rinne in Verbindung stehen.

Fig. 10. Querschnitt durch die Riechschleimhaut vom Nagelrochen (Raja punctata L.).

Die Nasengruben sind, wie oben erwähnt, von strahlenförmigen Falten der Schleimhaut ausgekleidet, in welcher die vom Gehirn kommenden Riechnerven in einer großen Zahl von Sinneszylinderzellen endigen.

Die Frage, ob die Fische die im Wasser gelösten Stoffe zu riechen vermögen, war lange unentschieden, da die Begriffe Geruch und Geschmack bei Wassertieren nur schwer auseinanderzuhalten sind. Erst Parker hat kürzlich diese strittige Frage einer näheren Lösung zugeführt, indem er durch sinnreiche Versuche an dem amerikanischen Zwergwels (Amiurus nebulosus Raf.) feststellte, daß die Nase dieses Fisches Nährlösungen auf Entfernungen wahrnimmt, welche jene übertreffen, innerhalb welcher die Tast- und Geschmacksorgane noch reagieren. Ob allerdings die am Zwergwelse gemachte Beobachtung auch auf andere Fische übertragbar ist, müssen erst neue Untersuchungen lehren. Solange indes nicht das Gegenteil bewiesen ist, wird man allen Fischen einen guten Geruchssinn zuschreiben müssen. So steht für die gefräßigen Haie schon seit langem fest, daß sie ein gutes Geruchsvermögen besitzen müssen, da sie bekanntlich Fleischstücke usw. aus Entfernungen spüren, bei denen ein Sehen und Schmecken vollkommen ausgeschlossen ist. Für den scharfen Geruch dieser Fische spricht ja auch die enorme Entwicklung ihres Riechzentrums.

Ist die Frage über die Geruchsempfindung bei Fischen noch nicht vollständig gelöst, so kann jene von dem Geschmackssinne viel präziser

beantwortet werden. Es ist erwiesen, daß ein Geschmacksvermögen allen Fischen zukommt, nur ist dasselbe bei einem Teil schwächer, beim anderen stärker entwickelt. Denn während die gierigen Raubfische die erbeutete Nahrung hastig verschlingen, ohne sie vorher zu kauen und dadurch eine besondere Geschmacksempfindung auszulösen, ist letzterer Vorgang bei Friedfischen, z. B. Karpfen, stets zu beobachten. Diese Fische pflegen ihre Nahrung nach Aufnahme erst sorgfältig abzutasten, zu „schmecken", wobei Nichtkonvenierendes, wie z. B. Steingehäuse, Holzstücke, Leguminosenschalen usw., wieder ausgespuckt werden. Ähnliches gilt für andere Fische.

Der Geschmackssinn wird bei den Fischen durch besondere nervöse Apparate, die sogenannten „Endknospen" oder Geschmacksknospen, vermittelt. Dieselben bestehen aus zwei Elementen: Sinneszellen mit feinen, plasmatischen Schmeckstiftchen und dazwischenstehenden Stützzellen (s. Fig. 11). In und zwischen diese in der Mundhöhle gelegenen Zellen münden baumförmig verästelte Nervenfasern ein, welche Ausläufer des neunten Hirnnerven, des Geschmacksnerven (Glossopharyngeus) bilden.

Die Geschmacksknospen stehen bei den Fischen auf den verschiedensten Stellen des Körpers, insbesondere bei barteltragenden Fischen, wie Karpfen, Welsen, Rutten, Barben u. a., auf diesen Tastorganen, ferner aber auch auf den Lippen, in der Mundhöhle, am Schlundeingang und auf den Kiemenbogen. Besonders zahlreich treten sie bei Cypriniden, z. B. dem Karpfen, im sogenannten Schwellkörper, einem stark muskulösen Polster der Schlunddecke am Eingange in die Kauhöhle auf. Auch gewisse Flossenstrahlen können der Sitz der Geschmacksorgane sein, wie dies bei einigen Schellfischen (Gadiden) der Fall ist. Sie können aber auch auf den ganzen Körper des Fisches verteilt sein, wie Versuche Herricks und Parkers am Zwergwels (Amiurus nebulosus Raf.) deutlich dargetan haben. Der Fisch schnappt nach einem Köder, der an die Seitenflächen oder den Schwanz gebracht wird, in derselben Weise, wie wenn sich derselbe knapp vor dem Munde befindet. Dabei wurde bewiesen, daß der Tastsinn des Fisches vollständig ausgeschaltet erscheint. Die Innervierung der auf den ganzen Körper verteilten Geschmacksorgane geschieht durch Teile des siebenten, neunten und zehnten Gehirnnerven (Fazialis, Glossopharyngeus und Vagus), wobei für die Seitenflächen insbesondere der siebente Nerv von erster Bedeutung ist. Doch konnte Parker den Nachweis erbringen, daß auch gewisse Rückenmarksnerven an der Innervierung beteiligt sind. Die Außenseite des Körpers ist auch für saure, salzige und alkalische Lösungen empfindlich. Wird den Welsen der siebente Nerv (Fazialis) durchschnitten, so reagieren sie nicht mehr auf Köder, die den Seitenflächen nahe gebracht werden, dagegen bei Annäherung an den Mund. Auch bewahren solche Fische ihre volle Empfänglichkeit für saure, salzige und alkalische Flüssigkeiten, wenn dieselben an die Rumpfhaut gebracht werden. Dieselbe Er-

scheinung tritt zutage, wenn auch noch der neunte und zehnte Nerv durchschnitten wird, so daß einzig und allein die von dem Rückenmark ausgehenden Spinalnerven von den Lösungen gereizt werden, diesen Nerven daher eine chemische Funktion zukommt. Zerstört man den hinteren Teil des Rückenmarks und läßt die anderen Nerven intakt, so reagiert der Fisch keineswegs auf saure, salzige und alkalische Lösungen, aber auch nicht auf den Köder, der den Seiten des Fisches genähert wird. Ersteres erklärt Parker wegen des Verlustes der Rückenmarksfasern, letzteres wegen des Verlustes des motorischen Mechanismus des Rückenmarks, wodurch Lähmungserscheinungen auftreten und den Fisch hindern, Wendungen nach dem Köder hin auszuführen.

b) Hautsinnesorgane.

Zu den eigentlichen Hautsinnesorganen der Fische zählen die das Gefühl vermittelnden Sinneszellen, ferner die Seitenorgane und die Leuchtorgane.

Der Tast- oder Gefühlssinn der Fische ist im allgemeinen gering ausgebildet und wird durch die sogenannten Sinneshügel und Endknospen (s. Fig. 11), welche einen Komplex von Sinnes- und Stützzellen vorstellen, vermittelt.

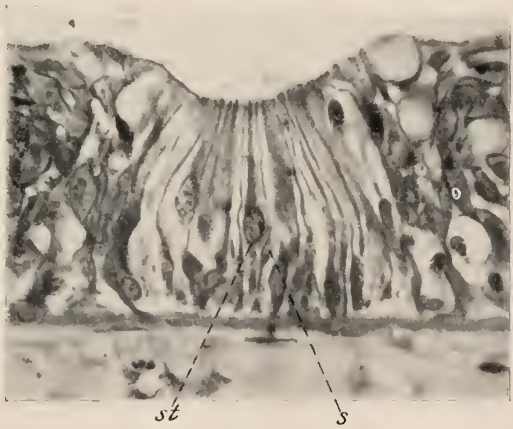

Fig. 11. Sinnesknospe vom Gründling (Gobio fluviatilis Cuv.).
s Sinneszelle; *st* Stützzelle.

Derartige Sinnesorgane finden sich bei den Rochen, Ganoid- und Knochenfischen besonders am Kopfe, den Lippen und an den Barteln der Cypriniden, Welse, Schlammbeißer (Cobitiden) und Schellfische (Gadiden). Ferner an den zu Tastorganen umgewandelten Flossen vom Gurami, von denen bereits früher die Rede war. Bei den Weißfischen werden die Sinneshügel während der Laichzeit abgestoßen; an ihrer Stelle entstehen Verdickungen aus verhornten Zellen, die sogenannten Perlorgane (s. S. 103). Bei Berührung mit spitzen, selbst heißen Gegenständen reagieren die Fische keineswegs mit heftigen Bewegungen, die ein besonderes Schmerzgefühl verraten würden,

so daß man zur Annahme berechtigt erscheint, die Fische besitzen keine stark ausgeprägte Schmerzempfindung, eine Erscheinung, die in der Sportfischerei öfters beobachtet werden kann. Wie so oft geht ein und derselbe Fisch, dem beim ersten Anhieb erhebliche Verwundungen an den Kiefern beigebracht wurden, wiederum an die Angel!

Zu den Hautsinnesorganen zählen ferner die Seitenorgane der Fische, die auch mit dem Sammelnamen „sechster Sinn" bezeichnet werden. Die Seitenlinie stellt einen Komplex von Sinneszellen vor, welche in die Haut eingesenkt sind und hier in ihrem Gesamtverlauf entweder eine offene Rinne bilden wie bei der Seekatze (Chimära) oder einen in den Schuppen verlaufenden Längskanal, der sich durch zahlreiche, die Schuppen durchbohrende Kanäle nach außen öffnet. Die einzelnen Sinneszellen sind nach dem Typus der Sinneshügel gebaut; ihre Zwischenräume werden mit Schleim ausgefüllt, so daß man sie ursprünglich für schleimsezernierende Organe hielt. Außer der eigentlichen Seitenlinie, die hauptsächlich vom Nervus lateralis, einem Nebenzweig des Nervus vagus, innerviert wird, finden sich ähnliche Hautkanäle noch am Kopfe vor. Man kann deren vier an der Zahl unterscheiden: der eine verläuft nach oben und verbindet sich in der Nackengegend mit jenem der anderen Seite (s. Fig. 12 *a*); ein zweiter, welcher über dem Auge bis zur Schnauzenspitze in der Nasengrubengegend hinabsteigt (*b*); ein dritter, der, am Operkulumteil des Kiemendeckels sich hinziehend, einen Bogen um das Auge beschreibt und am Oberkiefer in der Schnauzengegend endigt (*c*); endlich ein vierter, welcher seinen Verlauf zum Unterkiefer nimmt und diesem nach vorn folgt (*d*). Die genannten Kanäle verzweigen sich in Seitenkanälen, die auf der Oberfläche der Epidermis in feinen Poren ausmünden, welche bei einigen Fischen, wie Hechten und Lachsen, am Kopfe die Größe eines Stecknadelkopfes erreichen und Kopfporen genannt werden.

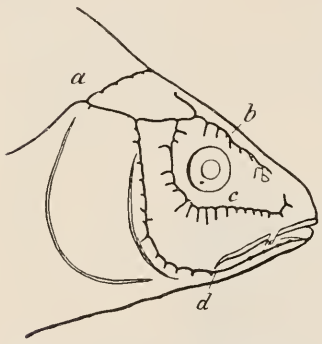

Fig. 12. Verlauf der Hautkanäle am Kopfe des Karpfens. (Nach Merkel.)

Seitdem Leydig die Seitenorgane als Sinnesorgane entdeckt hatte, war man über das Wesen derselben vollkommen im unklaren, und erst Hofers Untersuchungen haben erwiesen, daß diese Organe für den Fisch die Bedeutung eines mechanischen Sinnes besitzen. Sie haben die Bestimmung, die Richtung und die Stärke der Strömungen im Wasser wahrzunehmen. Mittels der Seitenorgane nimmt der Fisch auch seine Annäherung an feste Gegenstände wahr, aber nicht durch Druck des festen Körpers selbst nach Art des Tastgefühls, sondern dadurch, daß das Wasser durch

die Bewegung des sich nähernden Fisches gegen einen festen Gegenstand (Stein usw.) getrieben wird und bei seinem Rückprall einen Druck auf die Seitenorgane ausübt, wodurch der Fisch über Hindernisse, Gefahren usw. orientiert wird. Dagegen ist der bloße Wasserdruck, also der Aufenthalt der Fische in höheren oder niedrigeren Wasserschichten, ohne Einfluß auf die Wahrnehmung des Seitenorgans. Ebensowenig werden bloße Erschütterungen des Wassers, sei es, daß sie durch Schallwellen (Töne) verursacht oder durch langsam verlaufende, hin und her gehende Wellenbewegungen hervorgerufen werden, durch die Seitenorgane aufgenommen. Nur ein Druck, der aus einer bestimmten Richtung kommt und in konstanter Weise wirkt, vermag die Seitenorgane zu erregen.

Biologisch sind die Seitenorgane für die Fische von größter Bedeutung. Ohne dieselben könnten sie in trübem Wasser weder bei Tage, noch zur Nachtzeit sicher schwimmen; ja, ohne diese Organe müßten alle Fische ins Meer geschwemmt worden sein, da sie sonst kein Organ besitzen, das ihnen die Stromrichtung des fließenden Wassers anzeigt und sie veranlaßt, sich immer gegen die Strömung zu stellen. Ohne die Seitenlinie würden die Fische bei ihren Wanderungen die Seitenbäche nicht auffinden, in welche sie durch den Druck des seitwärts einströmenden Wassers angelockt werden. Auch könnten sich die Wanderfische, z. B. die Lachse, über Hindernisse, wie eingebaute Wehre usw., nicht gut orientieren (H o f e r).

Für die Fischereipraxis ist die Erkenntnis der physiologischen Bedeutung der Seitenorgane ebenfalls von großem Werte. Sie weist darauf hin, Fische, die bereits in Winterschlaf verfallen sind (s. S. 84), nicht durch starke einseitige Strömungen aus diesem Zustande wieder zu erwecken, sondern durch möglichst räumlich verteilte Wasserzufuhr die Sauerstofferneuerung zu bewirken.

Zu den Hautsinnesorganen müssen endlich die L e u c h t o r g a n e der marinen Fische gezählt werden. Histologisch sind alle Arten von Leuchtorganen auf Drüsen zurückzuführen. Ihre Form und Lage am Fischkörper ist sehr variabel; man unterscheidet einfache und zusammengesetzte Organe, ferner der Gestalt nach becher-, tüten-, flaschen- oder schalenförmige und außerdem noch Leuchtschuppen und Leuchtplatten. B r a u e r teilt die Leuchtorgane nach ihrer Anordnung am Fischkörper in vier Gruppen ein. Zur ersten Gruppe zählen solche, die an dem Ende von Tentakeln, modifizierten Strahlen der Rückenflosse, sitzen (Tentakelorgane). In der zweiten Gruppe finden sich die Organe auf der Barbel bei den Stomiatiden, auf der Basis der Flossen bei Dactylostomias oder auf dem Kiemendeckel bei Bathylychnus. Zur dritten Gruppe zählt B r a u e r alle ventral und kaudal vom Auge gelegenen Organe, wie diejenigen der Stomiatiden; oft ist nur eines vorhanden (bei Malacosteus) oder in Zweizahl vertreten (Dactylostomias). In die vierte Gruppe gehören alle übrigen Organe, welche in

bezug auf Zahl, Lage, Größe und Form äußerst mannigfaltig sind. Sie können symmetrisch in Reihen längs der Seiten des Körpers und Schwanzes oder auf der ventralen Körperfläche angeordnet oder auch ganz unregelmäßig über den ganzen Körper verteilt sein.

Den einfachsten Typus eines Leuchtorgans stellen die Tentakelorgane dar; sie bestehen aus kugeligen Einsenkungen der Haut, die nach außen geöffnet sind und deren Inneres von Drüsenzellen ausgekleidet ist. Ferner unterscheidet man einen Pigmentmantel, auf den nach dem Innern zu eine

Fig. 13. Leuchtorgan eines Ceratiiden (Gigantactis sp.). (Nach Brauer.)
tp Tastpapillen; *r* Reflektor, darüber der (schwarze) Pigmentmantel; *dr* Drüsenzellen.

Bindegewebshülle folgt, welche nadelförmige Guaninkristalle enthält und die Eigenschaft eines Reflektors besitzt (s. Fig. 13).

Die Organe der zweiten Gruppe unterscheiden sich von jenen der ersten dadurch, daß der Hohlraum geschlossen ist und daß ferner Reflektor und Pigmenthülle fehlen. Bei der dritten Gruppe sind die Organe tief in die Kutis verlagert, wobei die Oberfläche von einem mehrschichtigen, durchsichtigen Epithel überzogen ist, besitzen Reflektor und Pigmentmantel und außerdem eine Muskulatur, mittels welcher sie ventral abgedreht werden können. Damit sind diese Organe der Willkür des Trägers unterworfen und können nach Belieben aufgedreht und abgeblendet werden. In der vierten Gruppe sind die Organe am kompliziertesten gebaut. Das Innere des Pigmentmantels ist vollständig mit länglichen, ein körniges Sekret enthaltenden Drüsenzellen ausgefüllt, deren Kern in einer basalen,. körner-

freien Zone liegt. (Fig. 14.) Außer diesem Binnenkörper unterscheidet man bei einigen Formen noch einen medianen (*dr*), zentralen (*cl*) und lateralen Teil (*ll*), welch letzterer oft stark lichtbrechende Stäbchen eingelagert enthält. Dem Reflektor ist in vielen Fällen noch ein gallertartiges Gewebe

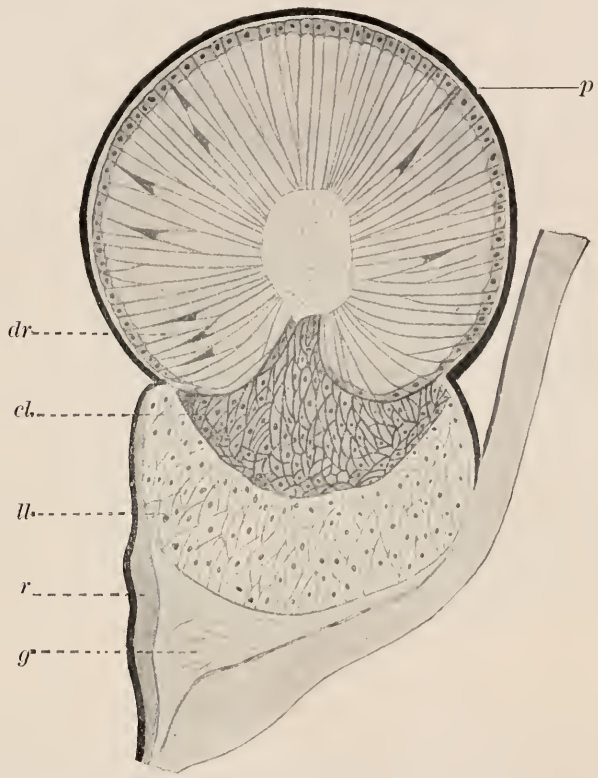

Fig. 14. Leuchtorgan von Chauliodus sp. (Nach Brauer.)
p Pigmentmantel; *dr* Drüsenzellen im medialen Teil des Innenkörpers; *cl* zentraler Teil des Innenkörpers; *ll* lateraler Teil des Innenkörpers; *r* Reflektor; *g* gallertige Schicht.

vorgelagert. Natürlich stehen alle Leuchtorgane auch mit Nerven und Blutgefäßen in Verbindung.

Über die Leuchtfunktion selbst stehen sich zwei Ansichten gegenüber. Nach der einen ist das Leuchten ein physiologischer Vorgang, der sich am lebenden Protoplasma abspielt, nach der anderen dagegen ein chemischer Prozeß. Brauer teilt letztere Ansicht; denn wenn das Leuchten erst dann eintritt, nachdem das Sekret einer Drüse entleert und mit dem Wasser in Berührung gekommen ist, ja sogar nach monatelanger Trocknung durch Zusatz von Wasser, Salzlösung usw. zum Leuchten gebracht werden kann, so muß der Vorgang als chemischer und nicht als vitaler gedeutet werden.

Bei den Fischen mit offenen Leuchtorganen wird das Leuchten ohne weiteres verständlich; das Drüsensekret wird ins Wasser entleert und kommt

hier zum Leuchten. Wo kein solcher Ausführgang vorhanden ist, spielt sich der Leuchtvorgang im Innern des Organs ab. Die Lichtproduktion findet hier intrazellulär statt, wobei der zur Oxydation notwendige Sauerstoff vom Blute zugeführt wird. Da aber bei manchen Formen weder Wasser noch Blut den Organen zugeführt werden kann, ist man genötigt, anzunehmen, daß nicht nur Oxydation, sondern auch andere chemische Vorgänge das Leuchten hervorrufen können.

Über die Stärke des von den Leuchtorganen ausgestrahlten Lichtes hat Steche einige Untersuchungen angestellt und dieselbe bei Heterophthalmus auf 0,0024 MK berechnet. „Der außerordentlich starke Lichteindruck bei der Beobachtung im Leben dürfte zu erklären sein einmal aus der extremen Dunkeladaption in einer mondlosen Nacht, und bei Heterophthalmus dadurch, daß der leuchtende Gegenstand sich in Bewegung befand und intermittierend leuchtete, was die Reizwirkung durch Kontrast vermutlich erhöht."

Durch Besitz von Leuchtorganen zeichnen sich insbesondere eine große Schar von Tiefseefischen aus. Erst in neuerer Zeit hat Steche, wie schon oben erwähnt, auch bei zwei Oberflächenfischen des malaiischen Archipels, bei Protoblepharon und Heterophthalmus, das ihnen zugeschriebene Leuchtvermögen bestätigt und die obenerwähnten Messungen der Lichtstärke vorgenommen.

Was die biologische Bedeutung des Leuchtvorganges betrifft, so verweise ich darüber auf S. 94.

c) Das Sehorgan.

Das Auge der Fische ist, mit wenigen Ausnahmen (Amphioxus und Cyclostomen), nach demselben Grundschema wie das aller übrigen Wirbeltiere gebaut. Dagegen weicht es im einzelnen weit von den Einrichtungen im Auge der in der Luft lebenden Wirbeltiere ab. Das Fischauge ist in der Regel nicht kugelig, sondern ellipsoid gestaltet, da die Hornhaut (Kornea) nur ganz flach gewölbt ist (s. Fig. 15 *H*). Letztere ist durchsichtig und entbehrt jener Einrichtungen, mit denen die Landtiere sie gegen die Austrocknung schützen, wie Verhornung der oberen Schichten, Tränendrüsen usw. Nur wenige Fische, wie die Haie, besitzen Hautfalten, welche wie eine Nickhaut über das Auge gelegt werden können. Die Kornea geht in die Sklera über, die meist von knorpliger Konsistenz ist, manchmal sogar knöcherne Ablagerungen enthält. Dieselben stellen gewöhnlich zwei halbmondförmige Platten dar, die beim Thunfisch (Thynnus) sogar einen Knochenring bilden. Auf die Sklera setzt sich in das Augeninnere die Aderhaut (Chorioidea A.) fort, deren schwarzbrauner Farbstoff das Außenlicht abhält. Bei einigen Fischen, z. B. dem Zander (Lucioperca sandra C.), legt sich an die Aderhaut nach außen hin eine silberne oder grünlich-goldige Hülle, die Silberhaut (Argentea)

an, deren Zellen zahlreiche silberne Kristalle enthalten, die dazu dienen, alle auffallenden Lichtstrahlen zurückzuwerfen. Die Aderhaut oder Chorioidea hat vornehmlich die Aufgabe, die Ernährung des Auges durch zahlreiche Blutgefäße zu versehen. Bei einigen Ganoiden und Knochenfischen bildet sich in der Nähe des Sehnerven ein Wundernetz (Rete mirabile), das als Polster in der Chorioidea liegt und den Namen Chorioidaldrüse (Aderhautdrüse) führt; seine Bedeutung ist unbekannt. Mit der Aderhaut steht bei einigen Fischen endlich nach innen zu noch eine Schicht in Verbindung, das sogenannte Tapetum cellulosum, das in seinen Zellen doppelbrechende Guaninkristalle enthält, welche dem Auge einen Leuchtglanz verleihen.

Fig. 15. Querschnitt des Kopfes eines jungen Welses (Silurus glanis L.) in Augenmitte. *A* Aderhaut; *F* Bartfäden; *H* Hornhaut; *K* Kiemen; *L* Linse; *M* Mundraum; *N* Netzhaut; *R* Riechnerv; *Sch* Schädelhöhle.

Diese Schicht finden wir bei den Haien, beim Stör (Acipenser sturio L.) und einzelnen Knochenfischen; sie dient zur Erleichterung des Sehens bei schlechter Beleuchtung. Unter der Hornhaut setzt sich die Aderhaut in die Regenbogenhaut oder Iris fort, in deren Zentrum behufs Durchtritt von Lichtstrahlen ein rundes oder spaltförmiges Loch, die Pupille, liegt. Bei den Rochen (Rajiden) und Schollen (Pleuronectiden) steigt von dem oberen Rande der Pupille ein Lappen nach abwärts, der bei Tag dieselbe verschließt und als eine Art Wolkenblende zu deuten ist. Bei den meisten Knochenfischen entspringt ferner von der Chorioidea ein für das Fischauge charakteristisches Gebilde, der sichelförmige Fortsatz (Processus falciformis) und erstreckt sich bis zur Linse. Hier bildet derselbe eine Erweiterung, das sogenannte Haller sche Glöckchen (Campanula Halleri). Es ist der Rückziehmuskel der Linse, der die Aufgabe hat, bei Kontraktion dieselbe

nach rückwärts zu ziehen, ein Vorgang, der bei der Akkommodation des Fischauges von größter Bedeutung ist. Der Processus falciformis fehlt einigen Fischen, wie Haien, dem Schlammhüpfer Periophthalmus u. a. Nach innen von der Aderhaut folgt die Netzhaut (Retina, N.), in der die lichtperzipierenden nervösen Elemente, Stäbchen und Zapfen, vorhanden sind. Sie ist sehr kompliziert gebaut und steht mit dem Sehnerven (Optikus) in Verbindung. Als besonderes Charakteristikum des Fischauges erscheint schließlich die kugelige Linse (*L*), welche mit ihrer vorderen Fläche die Hornhaut berührt, mit der hinteren Wölbung dagegen in den hinteren Teil des Auges hineinragt und den Glaskörper verdrängt.

Soweit das normal ausgebildete Fischauge. Außer diesem unterscheiden wir noch das rudimentäre oder reduzierte Fischauge. Sieht man vom Lanzettfisch ab, welcher in einem dunklen Pigmentflecke wohl das primitivste Auge besitzt, so ist das Auge der Neunaugen (Cyclostomen) auf einer sehr niedrigen Stufe der Entwicklung stehen geblieben. Bei der Larve des Neunauges (Ammocoetes), auch Querder genannt, liegt das rudimentäre Auge vollständig unter der Haut; es fehlt ihm Kornea und Sklera und besteht dasselbe nur aus Augenbecher und Linse. Erst das erwachsene Neunauge bekommt durch Aufhellung der Oberhaut eine durchsichtige Hornhaut. Bei den Schleimaalen (Myxinen) entbehrt das Auge fast aller Bestandteile; es besteht eigentlich nur aus einem Augenbecher, in dessen Hohlraum das umgebende Bindegewebe hineinragt.

In ähnlicher Weise sind die Augen gewisser Höhlenfische rudimentär; auch hier werden zwar die wichtigsten Teile des Auges, Augenbecher und Linse, embryonal angelegt, bleiben aber in der Entwicklung auf niedriger Stufe stehen oder verkümmern vollständig. So verschwindet beim Höhlenfisch Kentuckys, Amblyopsis, die Linse vollständig und der Augenbecher bleibt nur in Gestalt eines rudimentären Organes ohne innere Höhle und mit verschlossener Pupille erhalten. Die Höhlenfische, zu denen außer Amblyopsis noch die kubanische Süßwasserform Lucifuga dentatus Poey. gerechnet wird, sind vollständig blind; an die Stelle des Sehorgans tritt dann meist der Tastsinn. So hat Amblyopsis am Kopfe eigenartige Kammleisten aus besonders großen Tastkörperchen.

Eine Verkümmerung des normalen Auges kann auch experimentell erzielt werden, wie O g n e f f an Goldfischen nachwies, die er drei Jahre in vollständiger Finsternis hielt. Es fanden in der Retina dieser Fische scharf ausgesprochene atrophische Prozesse statt, welche an den atrophischen Zustand der Augen von Höhlentieren erinnern. Ähnliche Verhältnisse fand B r a u e r bei einigen benthonischen Tiefseefischen, z. B. Benthobatis und Barathronus, die bei einer Tiefe von etwa 3000 m gefangen wurden; ihr Auge liegt unter der Haut und ist stark rückgebildet. Das ewige Dunkel der Tiefsee hat diese Augenverkümmerung hervorgebracht. Im Gegensatz

zu diesen blinden Formen gibt es unter den Tiefseefischen auch solche, deren Auge von enormer Größe ist, wie z. B. bei Macrurus, Aphanopus u. a. Diese Fische leben in der Dämmerungszone, wohin noch einige schwache Lichtstrahlen dringen und das Auge dieser Fische treffen. Um eine möglichst große Zahl dieser Strahlen aufzunehmen, muß die lichteinlassende Oberfläche der Linse und damit die Linse selbst vergrößert werden (s. Fig. 16).

Fig. 16. Tiefseefisch mit großen Augen. (Aus Kraepelin.)

Auch bei einigen Süßwasserfischen, die in bedeutenderen Tiefen leben, wie Felchen (Coregonen), und dem Tiefseesaibling (Salmo salvelinus L.) sind die Augen von großen Dimensionen. Desgleichen besitzt der Aal (Anquilla vulgaris L.), zumal das Männchen, kurz vor der Abwanderung ins Meer ein Auge von großem Durchmesser; dasselbe hat sich bereits für den Aufenthalt in der Tiefsee entsprechend umgebildet!

Eine weitere Modifikation des Fischauges als Anpassung an die Tiefsee bilden die sogenannten Teleskopaugen, wie sie bei vielen Tiefseefischen, wie Argyropelecus, Gigantura, Winteria u. a., vorhanden sind. Das Charakteristikum dieser Augen, dem sie auch den Namen verdanken, besteht in der Lage derselben. Während nämlich bei allen Fischen die Augen an den Seiten des Kopfes liegen und jedes Auge sein eigenes Gesichtsfeld besitzt, also ein monokuläres Sehen ermöglicht, sind die Teleskopaugen stets parallel gelagert, entweder nach vorn (rostrad) oder nach oben (dorsad) und können nur auf ein und dasselbe Gesichtsfeld gerichtet werden. Das Sehen stellt sich als ein binokuläres dar (s. Fig. 17).

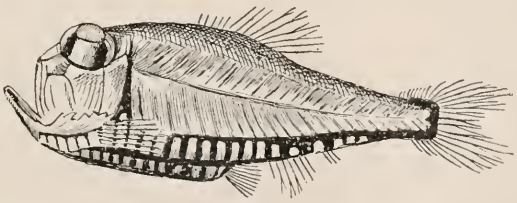

Fig. 17. Tiefseefisch (Argyropelecus affinis) mit Teleskopaugen. (Nach Brauer.)

Auch was den inneren Bau des Teleskopauges betrifft, weicht dasselbe in manchem von dem gewöhnlichen Fischauge ab. Unter der stark gewölbten Kornea liegt eine ungeheuer große Linse in weitem Abstande von der Retina (s. Fig. 18). Eine Iris fehlt oder ist nur schwach entwickelt. Die Retina zerfällt in zwei Teile, eine Haupt- und eine Nebenretina; erstere kleidet den Boden des Augapfels aus, letztere liegt vor dem Eintritt des Sehnerven

an der seitlichen Wand des Augapfels. Die Nebenretina stellt einen „Sucher" dar; durch sie werden seitlich sich bewegende Gegenstände, die außerhalb des Gesichtsfeldes der Hauptretina liegen, signalisiert und der Hauptretina zugeführt. Ferner findet sich am Ventralrand der weiten Pupille das sogenannte Linsenkissen, an das sich Muskelfasern ansetzen. Werden diese kontrahiert, so wird das Linsenkissen, auf dem die Kugellinse aufruht, nach abwärts gezogen und die Linse der Hauptnetzhaut genähert. Dadurch

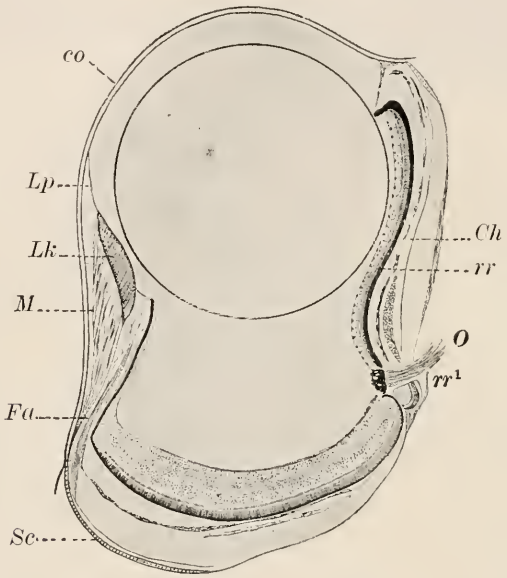

Fig. 18. Sagittalschnitt durch das ausgebildete Auge von Dissomma anale Br. (Nach Brauer.) *co* Cornea; *Lp* Ligamentum pectinatum; *Lk* Linsenkissen; *M* glatter Muskel; *Fa* Fasern der Argentea; *Sc* Sclera; *Ch* Chorioidea; *rr* Nebenretina; *O* Opticus; *rr*¹ abgeschnürtes Stück der Nebenretina.

wird nach Brauer eine gewisse Akkommodation ermöglicht. Die Retina besitzt außerdem in histologischer Beziehung noch zwei Eigentümlichkeiten: Dunkelstellung des Netzhautpigments und Fehlen der Zapfen, Erscheinungen, die sich bei vielen in Dämmerung lebenden Tieren vorfinden. Die besondere Bedeutung des Teleskopauges liegt in der möglichsten Ausnutzung des geringen Lichtes in der Tiefsee und der Erzielung eines möglichst hellen Bildes. Dazu kommen die Vorteile des binokulären Sehens, Ausbildung des Bewegungssinnes und Abschätzung von Entfernungen. Seiner phylogenetischen Entstehung nach ist das Teleskopauge nach Franz kein verlängertes, als vielmehr ein röhrenförmig verengtes Auge, das durch die Anpassung an die Tiefsee allmählich sich entwickelt hat. Bei einigen larvalen Fischen der Tiefsee, z. B. Trachypterus, findet sich eine besondere Art von Augen, sogenannte Stielaugen, deren Stiele aber während der Entwicklung des Fisches wieder rückgebildet werden.

Durch eine besondere Stellung der Augen, die an jene der Teleskopaugen erinnert, zeichnen sich auch die Schollen (Pleuronektiden) aus. Die Fische besitzen bekanntlich in ihrer Jugend eine vollkommen symmetrische Gestalt (s. S. 121), desgleichen nehmen in diesem Stadium auch die Augen eine symmetrische Lage zu beiden Seiten des Körpers ein. Mit der beginnenden Metamorphose des Körpers wandert auch das Auge der einen Seite auf die andere, wobei besondere Augenmuskeln die „Zugkräfte" bilden, welche das eine Auge erheben und auf die andere Seite des Kopfes befördern. Hierbei erzeugen sie einen Druck, der eine neue Augenhöhle in das noch weiche Gewebe des Fisches eindrückt. Das nachgiebige Gewebe verknöchert und bildet dann „Stützkräfte", die das Auge in seiner Stellung erhalten (Thilo).

Eine merkwürdige Umgestaltung der Augen besitzt ferner der Cyprinodont Anableps tetrophthalmus Bl. Bei diesem Zahnkarpfen ist das Auge zum Sehen in der Luft wie im Wasser befähigt. Das „Doppelauge" entsteht durch eine Zweiteilung der Hornhaut und der Sehlöcher. Die Augenlinse ist sehr groß und berührt die Retina. Letztere ist entsprechend den beiden Sehlöchern durch eine Hautfalte in zwei zueinander senkrecht stehende Teile geteilt. Der Fisch schwimmt stets so, daß der horizontale Hornhautstreifen genau in der Wasserlinie liegt, wobei ein Teil des Rückens und des Kopfes mit dem oberen Augenteil über das Wasser ragt. Auf der unteren Hälfte der Netzhaut erzeugen die aus der Luft kommenden Lichtstrahlen ein Bild, auf der oberen die aus dem Wasser stammenden. Das „Wasserauge" besitzt eine längere Achse als das „Luftauge", was seine Erklärung findet, daß die Hornhaut im Wasser nicht als brechendes System wirkt.

Ein ähnliches Auge, das ein deutliches Sehen in der Luft selbst auf größere Entfernungen ermöglichen soll, wird den beiden Schlammhüpfern Periophthalmus und Boleophthalmus zugeschrieben. Auch besitzt das Auge als Schutz gegen Austrocknung ein bewegliches äußeres Augenlid und kann in eine eigene seitliche Grube des Körpers eingeschlagen werden.

Nach diesen anatomischen Betrachtungen wenden wir uns der physiologischen Funktion des normalen Fischauges zu. Während die Augen aller luftbewohnenden Wirbeltiere in der Ruhestellung für die Ferne eingestellt sind, ist es das Fischauge für die Nähe. Alle Fische sind normalerweise kurzsichtig; ihre Augen sind auf die durchschnittliche Entfernung von etwa 1 m eingestellt. Sollen Gegenstände aus größerer Entfernung noch deutlich wahrgenommen werden, dann muß das Auge dieser Entfernung entsprechend akkommodiert werden. Diese Akkommodation geschieht durch Annäherung der Linse an die Netzhaut mittels des sichelförmigen Fortsatzes. Auf diese Weise vermögen Süßwasserfische durchschnittlich bis auf Entfernungen von 10 bis 12 m noch deutlich zu sehen. Die Akkommodationsfähigkeit ist übrigens bei den verschiedenen Fischen eine verschiedene. Während z. B. die Haifische infolge der rudimentären Ausbildung des Linsenmuskels eine Akkom-

modation vollständig vermissen lassen, variiert die Akkommodationsbreite, das ist der Unterschied zwischen Ruhestellung und größter Akkommodation, bei Knochenfischen um ein bedeutendes. Sie ist bei schnellschwimmenden pelagischen Fischen eine geringe, dagegen bei benthonischen Formen (Grundfischen), wie dem Himmelsgucker (Uranoscopus), den Schollen (Pleuronektiden) u. a. eine weit größere. Doch dürfte dieselbe im allgemeinen ein deutliches Sehen auf eine Entfernung von über 12 m nicht zulassen.

Die geringe Akkommodationsbreite der Fische läßt sich durch die Lichtverhältnisse im Wasser erklären. Die meisten der Gewässer sind durch Schwebstoffe organischer oder anorganischer Natur stark getrübt, und selbst die klarsten Seen besitzen nur eine Sichtbarkeitsgrenze von höchstens 18 bis 20 m. Ähnliche Verhältnisse finden sich auch in den verschiedenen Meeren. Bedenkt man nun, daß trübes oder strömendes Wasser durch die starke Zerstreuung der Lichtstrahlen eine verminderte Durchsichtigkeit besitzt und selbst klares und durchsichtiges Wasser schon in 1 m Tiefe nur geringe Bruchteile der einfallenden Lichtstrahlen mehr aufweist, so wird man die zweckmäßige Einrichtung der Kurzsichtigkeit des Fischauges verstehen.

Was erblickt nun der Fisch oder welche Vorstellung bekommt er von der Außenwelt? Nach physikalischen Gesetzen werden bekanntlich Lichtstrahlen, die aus der Luft ins Wasser einfallen, nach dem Einfallslot gebrochen. Das Fischauge sieht daher einen Gegenstand in der geraden Verlängerung der von ihm ausgehenden, im Wasser gebrochenen Strahlen, d. h. es erblickt diesen viel höher, als er in Wirklichkeit ist. Ein am Ufer gehender Mensch erscheint demnach dem Fische in der Luft über der Erde sich zu bewegen. Anders verhalten sich dagegen die Lichtstrahlen, welche aus dem Wasser in die Luft austreten. Ihre Fortleitung geschieht nur in dem Falle, wenn sie gegen die innere Wasseroberfläche in einem Winkel auftreffen, der mindestens $48^1/_2{}^0$ beträgt. Dagegen werden alle Lichtstrahlen, welche unter einem kleineren Winkel die Wasseroberfläche von innen berühren, total ins Wasser zurückgeworfen und gehen überhaupt nicht in die Luft (totale Reflexion). Steht daher der Fisch derart im Wasser, daß die Strahlen seines Bildes das Auge eines Menschen in einem kleineren Winkel als $48^1/_2{}^0$ gegen die Wasseroberfläche zu treffen, so wird der Fisch vom Auge des Menschen nicht wahrgenommen. Daher die Erscheinung, daß der Fisch den Angler viel früher sieht und flieht, als dieser ihn erblickt hat.

Neben der Frage über das Sehvermögen des Fischauges auf verschiedene Distanzen stand lange im Mittelpunkt des Interesses jene, ob den Fischen ein Farbenunterscheidungsvermögen zukomme. Vor kurzer Zeit hat H e ß durch exakte Versuche die Frage dahin beantwortet, daß die Fische sich ganz so verhalten wie der total farbenblinde Mensch, da die relativen Helligkeiten, in denen die Fischaugen verschiedene Teile des Spektrums sehen,

nahezu oder ganz übereinstimmen mit jenen, in welchen sie der total farbenblinde Mensch bei jeder Lichtstärke und der dunkeladaptierte bei entsprechend geringer Lichtstärke sieht. Die Untersuchungen basieren auf Herings Feststellung, daß das normale helladaptive Auge des Menschen das lichtstarke Spektrum in der Gegend des Gelb am hellsten sieht, für den total farbenblinden Menschen dagegen die Stelle der größten Helligkeit nach der Gegend des Gelbgrün bis Grün verschoben ist.

Wurde z. B. das Glasbassin, in dem sich Fische wie Aiteln, Rotaugen und Atherinen befanden, mit seiner ganzen Breite von verschiedenen homogenen Lichtern durchstrahlt, so konnte man die Wahrnehmung machen, daß fast alle Fische sofort in der Richtung gegen das Hellgrün bis Grün des Spektrums schwammen, während im Gelbrot und Rot des Spektrums fast gar keine Fische verblieben. Wurde nun aber mit einer anderen Lichtquelle eine beliebig andere Stelle im Rot oder Blau am hellsten beleuchtet, so steuerten die Fische in diese hellste Stelle, gleichgültig, in welcher Farbe sie sich befand. Ging aber diese zweite Lichtstärke unter ein gewisses Maß herunter oder hörte ganz auf, so nahmen die Fische ihre ersten Stellungen wieder ein. Auf Grund dieser und ähnlicher Versuche konnte Heß die Vermutung aussprechen, daß die meisten Fische die Grundfarben Rot, Gelb, Grün und Blau nicht anders unterscheiden als nach ihren verschiedenen Helligkeitswerten; sie sehen diese Farben wie der farbenblinde Mensch nur als Nuancen von Hellgrau, Dunkelgrau bis Schwarz.

Daß diese Farbenblindheit aber nicht allen Fischen zukommt, hat v. Frisch nachgewiesen. Er stellte Pfrillen (Phoxinus laevis Ag.) von gleicher Farbe, die auf psychische Erregung sowie auf verschiedenen Untergrund in gleicher Weise reagierten, teils auf einen grauen, teils auf einen gelben resp. roten Untergrund, nachdem er vorher diese drei Farben auf den gleichen Helligkeitswert abgestimmt hatte, und fand, daß die Pfrillen auf gelbem Grunde nach einiger Zeit auch ihre gelben Farbstoffzellen ausgedehnt hatten, desgleichen die Fische auf rotem Grunde die roten Chromatophoren. Wurde aber derselbe Versuch mit geblendeten Fischen angestellt, so blieb obige Reaktion der gelben und roten Chromatophoren vollständig aus. Damit ist der Nachweis erbracht, daß den Pfrillen ein Farbensinn nicht abgesprochen werden kann.

Auch Bauer wendet sich gegen eine Verallgemeinerung der Heß schen Befunde. Er will die von diesem gefundene Übereinstimmung der Helligkeitsverteilung im Spektrum bei den Fischen bei dem dunkeladaptierten und dem total farbenblinden Menschen nur für dunkeladaptierte Fische gelten lassen; bei Helladaptation tritt dagegen nach seinen Versuchen eine Unterscheidung von Farben hinzu.

Die Ansicht, daß die Tiefseefische imstande seien, verschiedene Farben zu unterscheiden, mußte aufgegeben werden, als der Bau ihrer Augen ge-

nauer untersucht worden war. Wie oben erwähnt, sind in den Augen dieser Fische die farbenempfindlichen Elemente, die Retinazapfen, nur selten und dann in minimalen Mengen im Verhältnis zu den allgemein lichtempfindlichen Stäbchen vorhanden (1 : 1000), so daß von einer Farbenempfindlichkeit nicht gesprochen werden kann.

d) Das Gehörorgan.

Bei den höheren Wirbeltieren zerfällt das Gehörorgan in drei Teile: äußeres, mittleres und inneres Ohr oder Labyrinth. Das Gehörorgan der Fische wird dagegen nur durch das innere Ohr repräsentiert. Die einfachste Form desselben findet sich bei den Rundmäulern (Cyclostomen), wo, wie z. B. beim Schleimaal (Myxine), dasselbe aus einer ausgezogenen Blase besteht, die einen halbkreisförmigen Kanal (Canalis semicircularis) mit zwei ampullenartigen Erweiterungen besitzt und in einen blindgeschlossenen Gang (Ductus endolymphaticus) endigt. Bei den Neunaugen (Petromyzonten) finden sich bereits zwei halbzirkelförmige Kanäle mit einer deutlich angehenden Differenzierung in Vorhof (Utriculus) und Sack (Sacculus). Bei allen anderen Fischen besteht das Labyrinth aus drei Teilen: Utriculus, Sacculus mit einem häutigen Anhange, der Lagena und drei halbzirkelförmigen Kanälen. Alle Teile sind mit einer gallertartigen Flüssigkeit gefüllt. Der Ductus endolymphaticus ist bei den Haien (Selachiern) wohl entwickelt, mündet durch eine Öffnung auf dem Kopfe nach außen und steht daher mit dem umgebenden Medium in Verbindung. Bei allen übrigen Fischen ist er verkümmert und blind geschlossen. Die drei halbzirkelförmigen Kanäle entspringen vom Utriculus, je mit einer kleinen Erweiterung, der Ampulle, verlaufen in den drei Richtungen des Raumes und münden wieder in den Utriculus ein. Die Ampullen enthalten in ihrem Inneren Endigungen des Hörnervens (Nervus acusticus). Weitere Endigungen von Hörnervenästen (Maculae acusticae) finden sich im Utriculus und Sacculus, desgleichen liegen in denselben die Gehörsteine (Otolithen), von denen man drei an der Zahl unterscheidet: Sagitta (im Utriculus), Asteriscus und Lapillus (in Sacculus und Lagena). Die letzten beiden sind klein, während der Sagittastein bei den verschiedenen Fischen ansehnliche Größe erreicht und zur Bestimmung einzelner Fischarten verwendet werden kann. Der genannte Otolith sitzt mit seiner medialen Fläche dem Nervenende an und ist von einer den ganzen Sacculus ausfüllenden Gallertmasse (Endolymphe) umgeben. Er besitzt ferner die Eigentümlichkeit, daß er gleich den Schuppen der Fische eine Schichtenbildung aufweist, welche zur Altersbestimmung der Fische verwendet werden kann. Reibisch gelang der Nachweis, daß die Schichtenbildung abhängig ist von Temperaturen, unter denen ihre Ausbildung stattfindet, derart, daß die stärker kalkhaltigen, dunkel erscheinenden Ringe im Sommer gebildet werden, während im Winter infolge einer spärlichen

Einlagerung von kohlensaurem Kalk die hellen Schichten entstehen (s. Fig. 19).

Fragen wir nunmehr nach der Funktion des Gehörorgans der Fische, so kommt dem Labyrinth in erster Linie eine statische Eigenschaft zu. Es hat die Aufgabe, den Fisch über seine Gleichgewichtslage zu informieren. Durchschneidet man einem Fisch die halbzirkelförmigen Kanäle oder zerstört ihm das ganze Labyrinth, dann verliert er vollkommen die Orientierung im Raume, führt kreis- oder schraubenförmige Manegebewegungen aus und schwimmt auf dem Rücken. Neben der statischen Funktion erfüllt das Labyrinth noch eine zweite Aufgabe, die darin besteht, den Fisch über die Geschwindigkeit seiner Schwimmbewegungen zu orientieren. Dies geschieht vermittels der Otolithen, welche bei Vorwärtsbewegung des Fisches aus ihrer Lage verschoben werden und einen Druck auf die Labyrinthwand ausüben, der dem Fisch die Schnelligkeit seiner Bewegungen vermittelt. Wie steht es nun mit dem Hören der Fische? Je mehr die Erkenntnis von

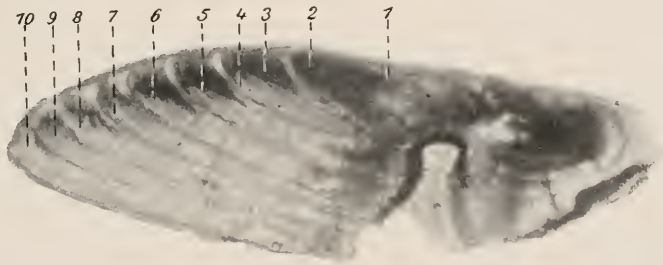

Fig. 19. Querschliff durch den Otolithen eines 9 Jahre 6 Monate alten Huchens (S. hucho L.) mit 10 Jahreszonen.

obigen beiden Funktionen des Labyrinths sich immer befestigte, desto mehr begann man an der Richtigkeit der alten Ansicht, daß die Fische hören könnten, zu zweifeln. Tatsächlich ist es verschiedenen Forschern (K r e i d l, K ö r n e r u. a.) gelungen, experimentell den Nachweis zu führen, daß die Fische nicht fähig sind, Töne im Wasser zu perzipieren. Von dieser Regel machen indes einige Fische, zu denen in erster Linie die Welse (Siluriden) zu rechnen sind, eine Ausnahme. Vermittels exakter Versuche gelang es M a i e r und mir nachzuweisen, daß z. B. der Zwergwels (Amiurus nebulosus Raf.) auf Glockentöne, schrille Pfiffe usw. stark reagiert, eine Eigenschaft, die er nach Exstirpierung des Labyrinths sogleich verliert. Auch bei einem anderen Süßwasserfisch Amerikas, dem Killifisch (Fundulus heteroclitus L.) ist das Gehörorgan genau untersucht und ihm die Fähigkeit des Hörens zugesprochen worden. Außer diesen Fischen scheint eine Hörfunktion noch einigen lauterzeugenden marinen Vertretern zuzukommen (siehe weiter unten), doch fehlen darüber genaue Untersuchungen.

Ist demnach erwiesen, daß den meisten Fischen eine Perzeption von

Tönen nicht zukommt, so werden auf der anderen Seite grobe Schallwellen, welche von starken Geräuschen herstammen und im Wasser starke Fortpflanzungswellen erzeugen, wahrgenommen (z. B. beim Abfeuern eines Revolvers im Zimmer, Kanone im Freien). Doch sind es hier die heftigen Erschütterungen, die sich dem Labyrinth und der Seitenlinie mitteilen und eine Reaktion seitens des Fisches auslösen.

Bei vielen Fischen, z. B. den Welsen (Siluriden), Weißfischen (Cypriniden), Schmerlen (Cobitiden), ferner bei Barschen (Perciden) und Heringen (Clupeiden) existiert zwischen Labyrinth und Schwimmblase eine Verbindung, die den Fisch in den Stand setzt, sich durch Vermittlung des Gehörorgans über den Druckgrad der Gase zu orientieren. So sendet bei den Barschen die Schwimmblase am vorderen Ende zwei hörnerartige Ausläufer bis an die hintere Seite des Schädels, der hier zwei von einer Membran überzogene Stellen, sogenannte Fontanellen, besitzt, an welche sich von der Innenseite das Labyrinth anlegt. Bei den Heringen reicht das Vorderende der Schwimmblase an die Schädelbasis und teilt sich hier in Form einer Gabel, deren Ausläufer mit Ausstülpungen des Labyrinths in Verbindung stehen. Bei den Welsen und karpfenartigen Fischen ist die Verbindung zwischen Gehörorgan und Schwimmblase durch eine Reihe von Knöchelchen (W e b e r scher Apparat), die sich von der Wirbelsäule abgegliedert haben, hergestellt.

Von manchen Autoren wird angenommen, daß die erwähnte Verbindung zwischen Gehörorgan und Schwimmblase auch dazu diene, eine Fortleitung der von Fischen erzeugten Laute zu bewirken.

Damit komme ich zur Lauterzeugung der Fische. Da die Fische eines Kehlkopfs entbehren, werden die Töne oder Geräusche verursacht durch Reibung der Schlundknochenzähne, der Kiemendeckelstücke, Schultergürtelknochen und Flossenstacheln aneinander. Oder es können auch Muskeltöne sein, welche durch krampfhafte Verkürzung der Muskeln erzeugt werden. Diese Muskelgeräusche werden oft durch Übertragung der Schwingungen auf die Wand der Schwimmblase verstärkt, wie dies z. B. beim Knurrhahn (Trigla) und Stecherfisch (Balistes) der Fall ist. Auch gewisse brasilianische Welse und Adlerfische (Sciaeniden) benutzen die Schwimmblase als Resonanzboden der von ihnen erzeugten Laute. Außer diesen genannten Fischen gibt es noch eine Anzahl anderer, denen eine Erzeugung von Lauten zugeschrieben wird. Sie werden eingeteilt in solche, welche jene Geräusche auf willkürliche Art hervorbringen, und solche, die dieselben auf passive Art erzeugen.

Zu ersteren werden gezählt Vertreter der Plektognathengruppe, wie Igelfisch (Diodon), Kofferfisch (Ostracion) und Klumpfisch (Orthagoriscus), ferner der Killifisch (Fundulus heteroclitus L.) und der knurrende Kampffisch (Ctenops vittatus Cuv.); es sind meistens nur die Männchen dieser

Fische, welche besonders zur Laichzeit gewisse Töne zur Anlockung der Weibchen hervorbringen. Die Fische müssen mit einem guten Gehör ausgestattet sein, doch fehlen darüber Untersuchungen.

Zur zweiten Gruppe gehören der Knurrhahn (Trigla), der Adlerfisch (Sciaena aquila R.), der Trommelfisch (Pogonias chromis C. V.) und ein Süßwasserfisch, nämlich der Schlammpeizger (Cobitis fossilis L.). Bei letzterem wird der Laut durch plötzliches Ausstoßen von Luft aus Mund oder After hervorgebracht, sofern der Fisch fest mit der Hand erfaßt wird. Auch der Lungenfisch Ceratodus soll ein grunzendes Geräusch dadurch abgeben, daß er vom Grunde an die Oberfläche steigt, um seine Lunge zu entleeren und mit frischer Luft zu füllen.

6. Die Organe der Ernährung und Verdauung.

Die Ernährungsorgane der Fische lassen sich einteilen in die Mund- und Schlundhöhle (Pharynx), Speiseröhre (Ösophagus), Magen, Dünn- und Dickdarm, welcher vermittels des Afters nach außen mündet.

Während beim Lanzettfischchen (Amphioxus) der Darmkanal am schädellosen Vorderende mit einer Öffnung beginnt, die zwecks Herbeistrudelung von Nahrung mit einem Zirrenkranz versehen ist, besitzen die Rundmäuler (Cyclostomen) ein Saugmaul, das jede Kieferbildung vermissen läßt und von starken Lippen gebildet wird. Die Mundöffnung führt in eine trichterförmige Mundhöhle, welche mit sogenannten Hornzähnen ausgekleidet ist. In ihrem Grunde liegt eine ebenfalls mit Hornzähnen bewaffnete Zunge, die stempelartig hin- und herbewegt werden kann, um das Ansaugen dieser Fische zu ermöglichen. Bei den anderen Fischen zeigt der Mund hinsichtlich seiner Form, Lage und Ausdehnung große Verschiedenheit. Seine Begrenzung erfolgt durch Kiefer (Zwischen-, Ober-, Unterkiefer). Seine Lage befindet sich entweder auf der Unterseite des Kopfes, wie bei Haien, Rochen, Stören und einigen Knochenfischen, wie Barben (Barbus barbus L.), Brachsen (Abramis brama L.) und Nase (Chondrostoma nasus L.), (unterständig), oder es ist durch Verlängerung des Unterkiefers nach oben verlagert (oberständig), wie z. B. beim Petermännchen (Trachinus draco L.), Angler (Lophius piscatorius L.), Sterngucker (Uranoscopus), Ziege (Peleeus eultratus L.) u. a. In der Regel ist jedoch bei den meisten Fischen die Mundöffnung an die Spitze der Schnauze gestellt, so daß ein Kiefer den anderen nicht überragt (endständig). In seltenen Fällen sind die Kiefer verlängert, bilden einen Schnabel, wie beim Hornhecht (Belone) oder eine Röhre, wie beim Schnepfenfisch (Centriscus scolopax L.) und können zu scharfen Angriffswaffen werden, wie beim Sägefisch (Pristis antiquorum L.) und Schwertfisch (Xiphias gladius L.). Auch können sie pflasterartig verdickt sein und die Form eines Papageiensehnabels annehmen, wie beim Igelfisch (Diodon),

den Papageifischen (Scariden) u. a.; bei letzteren werden sie zum Aufbrechen von Korallentieren und hartschaligen Mollusken verwandt. Die Größe des Maules hängt von der Lebensweise bzw. Art der Nahrung ab. Raubfische, wie Hecht, Forelle, Wels, Angler, und die Tiefseefische — das höchste Extrem verkörpert Macropharynx — haben ein weit gespaltenes mächtiges Maul, Friedfische dagegen, wie z. B. die karpfenartigen, ein kleines. Doch kann

Fig. 20. Brachsen (Abramis brama L.); der Fisch links nimmt mit vorgestrecktem Maul eine Schnakenlarve vom Boden auf. (Aus Hesse.)

es bei diesen durch vorstreckbare Lippen öfters rüsselartig verlängert werden und zum An- oder Absaugen dienen, wie bei den Lippfischen (Labriden) oder Karpfen (Cypriniden, s. Fig. 20).

Eine bewegliche Zunge fehlt den höheren Fischen; an ihrer Stelle kann das Zungenbein, versehen mit einer weichen muskulösen Bedeckung, in die Mundhöhle ragen und eine falsche Zunge bilden.

Die Mund- und Rachenhöhle der Fische zeichnet sich durch ihren Reichtum an Zähnen aus, wie solche bei keiner Tierklasse anzutreffen ist. Zahnlos sind nur wenige Fische, wie der Stör (Acipenser sturio L.) und die Büschelkiemer (Lophobranchier). Bei den übrigen Fischen sitzen die Zähne nicht nur auf den Kiefern, sondern auch auf allen Teilen der Mundhöhle und des Rachens (Pharyngealzähne). Sie sind wurzellos und meistens auf dem Knochen angewachsen oder auch mittels Ligamenten in der Schleimhaut befestigt (Hecht, Angler, Dorsch u. a.). Ihrer Struktur nach bestehen die Fischzähne aus Vasodentin und sind mit Schmelz überzogen. Sie sollen bei den meisten Fischen das ganze Leben über wechseln, indem sich die

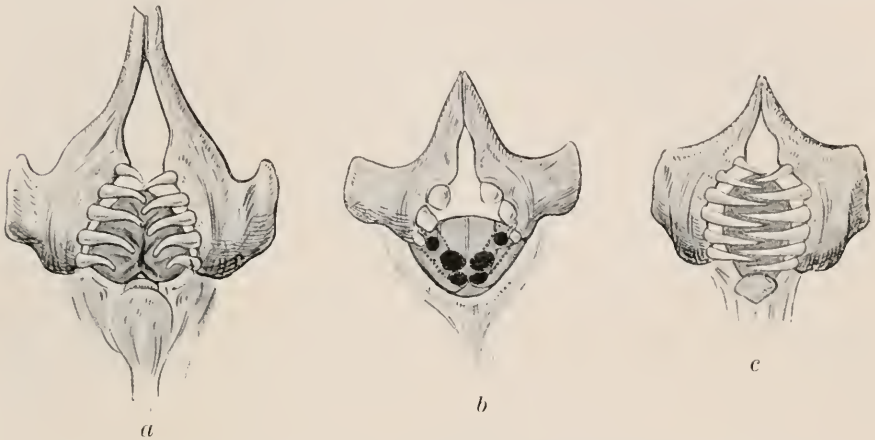

Fig. 21. Schlundzähne und Kauplatten dreier Weißfische (ventral gesehen).
a Barbe (Barbus fluviatilis Ag.); *b* Karpfen (Cyprinus carpio L.); *c* Nase (Chondrostoma nasus L.).

neuen Ersatzzähne meist von innen her nachschieben. Das nämliche galt auch von den Schlundzähnen der Cypriniden (s. Fig. 21), doch hat kürzlich A r c a n g e l i nachgewiesen, daß bei diesen Fischen ein Zahnwechsel nicht stattfindet. Die Schlundzähne werden vielmehr mit zunehmendem Alter abgeschliffen und können so zur Bestimmung des Alters des einzelnen Individuums dienen. Neben den funktionierenden Schlundzähnen besitzen die Weißfische noch Zahnreihen, die bisher als Ersatzzähne aufgefaßt wurden, aber nie nachrücken und wahrscheinlich als abortierende Zähne zu deuten sind. Ob diese Annahme auch für die anderen Fische gilt, müssen erst neue Untersuchungen zeigen. Die Form der Zähne variiert außerordentlich; von breiten plattenartigen Gebilden bis zu langen und feinen stachel- oder borstenartigen Formen finden sich alle Übergangsstufen, ja selbst bei ein und demselben Fische können die einzelnen Zahngruppen verschiedene Gestalt besitzen. Je nach derselben unterscheidet man Fang- oder Hundszähne, Mahlzähne, Wimper- oder Bürstenzähne und Hechelzähne. In den meisten Fällen dienen die Zähne zum Erfassen und Festhalten der Beutetiere (Raubfische),

sind zu diesem Zwecke spitz kegelförmig, meist etwas nach hinten gebogen und können bei manchen Fischen, wie z. B. dem Hechte, bei geschlossenem Maule nach innen umgelegt werden. Alle karpfenartigen Fische (Cypriniden) besitzen ein zahnloses Maul, dagegen im Rachen die sogenannten unteren Schlundzähne (s. oben), welche gegen eine am Hinterhauptsknochen befestigte Hornplatte (Kauplatte, s. Fig. 21) gestemmt werden und hier entweder mahlende oder reißende Bewegungen ausführen können.

Neben Kiefer- und Schlundzähnen haben viele Fische eine besondere Abart von Zähnen, die sogenannten Reusenzähne. Sie sitzen am inneren konkaven Rande jedes Kiemenbogens, greifen oft wie die Zinken zweier Kämme ineinander ein und bilden einen Gitter- oder Filterapparat, welcher einerseits die Kiemen vor einer Schädigung durch Fremdkörper schützt, anderseits bei der Nahrungsaufnahme die Nahrungstiere zurückhält. Je kleiner die Nahrungsobjekte sind, desto vollkommener und fester ist dieser Reusenapparat konstruiert (z. B. bei den Renken und Heringen). Bei Raubfischen dagegen, bei denen die Nahrung bekanntlich ganz heruntergeschlungen wird, sind die Reusenzähne klein und bilden zwischeneinander weite Lücken. In vielen Fällen gelingt es, aus der Beschaffenheit des Reusenapparates geradezu einen Schluß auf die Art der Nahrung zu ziehen.

Auf die Schlundhöhle folgt eine kurze Speiseröhre (Ösophagus), welche mit starken Muskelwandungen ausgestattet und einer großen Erweiterung fähig ist. Es ist ja bekannt, daß Raubfische (z. B. Hecht u. a.) Artgenossen

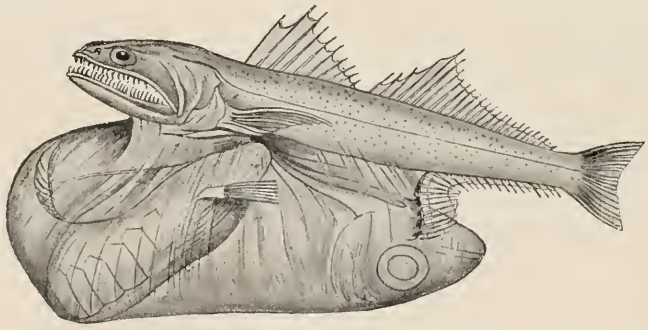

Fig. 22. Gefräßigkeit eines Tiefseefisches (Chiasmodus niger). (Nach Günther.)

verschlingen können, die ihnen an Umfang nicht nur nicht nachstehen, sondern sie an Größe mehrfach übertreffen (s. Fig. 22).

Die Speiseröhre geht meist ohne deutliche Grenzen in den hakenförmigen Magen über, der sich ebenfalls stark ausdehnen kann. Man unterscheidet gewöhnlich am Magen zwei Partien, den voluminösen absteigenden Schenkel (Kardialteil), der mit aufgenommener Nahrung oft prall angefüllt erscheint, und den aufsteigenden engen Schenkel, der durch den gut ausgebildeten Pylorus (Pförtnerteil) in den Darm weiterführt. An der Übergangsstelle

des Pförtners zeigen sich bemerkenswerte Bildungen: eine Klappe, welche den Eingang abschließen kann, hinter dieser die Einmündung des Gallenganges und schließlich eine wechselnde Zahl von Öffnungen, genannt Schläuche, die den Namen Pylorusanhänge (Appendices pyloricae) führen. Es sind Blindsäcke, die eine Vermehrung der Kapazität und Oberfläche des Darmes bezwecken. Sie fehlen den meisten Haifischen, Knorpel- und vielen Knochenfischen. Ihre Zahl wechselt außerordentlich; in Einzahl besitzt sie der Angler (Lophius piscatorius L.), drei der Flußbarsch (Perca fluviatilis L.), dagegen in großer Zahl die Salmoniden (150), Makrelen (190) und andere. Über ihre Funktion ist nichts Näheres bekannt; da aber die sie innen auskleidende Schleimhaut mit jener des Darmes vollkommen übereinstimmt, müssen sie als echte Darmausstülpungen gelten.

Ähnliche Einrichtungen, die gleichfalls eine Vergrößerung des Darmrohres bezwecken, finden sich bei einigen Fischen im Inneren ihres Darmes. So verläuft bei den Rundmäulern in ihrem Darminneren e i n e große Falte parallel der Darmrichtung; bei den Haien, Ganoidfischen und Lurchfischen wird die Länge dieser Falte durch mehrere wendeltreppenartige Windungen vermehrt. Es entsteht die sogenannte Spiralklappe oder Falte. Dieselbe macht z. B. in dem 16 cm langen Mitteldarm des Heringshaies (Lamna cornubica Flem.) vierzig Umdrehungen und bewirkt damit eine Vergrößerung der Oberfläche dieses Darmabschnittes auf das Sechsfache; freilich wird durch eine so eng gewundene Spiralfalte die Bewegung der Nahrung im Darm sehr verlangsamt (H e s s e). Bei den Selachiern ist der Magen ebenso lang wie der Darm, während bei den meisten Fischen das Darmrohr die Magenlänge um ein Vielfaches übertrifft. Dieser Unterschied wird bei den Haien wahrscheinlich durch die Spiralklappe ausgeglichen (W e i n l a n d).

Häufig behält der Darmkanal während seines ganzen Verlaufes hindurch seine Weite bei, so daß nur die Einmündung verschiedener Drüsengänge als Anhaltspunkt zur Unterscheidung seiner Abteilungen dient. So fehlt den karpfenartigen Fischen (Cypriniden) ein besonderer Magenteil vollständig, indem der Schlund unmittelbar in den Darm übergeht. Andere Fische, welche ebenfalls als magenlos bezeichnet werden müssen, sind z. B. die gemeine Seeschwalbe (Trigla hirundo L.), der Petersfisch (Zeus faber L.), der Pfauenlippfisch (Crenilabrus pavo C. V.), der Angler (Lophius piscatorius L.), die Seebrassen (Sargus), Schellfische (Gadiden) u. a. Allen diesen Fischen fehlen auch die Appendices pyloricae.

In seinem weiteren Verlaufe läßt der Mitteldarm keine Besonderheiten erkennen; an seinem Hinterende verdickt er sich zum kurzen End- oder Dickdarm, welcher im After nach außen mündet.

Was nun die Gesamtlänge des Darmes bei den Fischen betrifft, so ist dieselbe abhängig von der Art der Nahrung. Es zeigt sich nämlich, daß der Darm der pflanzenfressenden Fische in der Regel länger ist als jener

der fleischfressenden. So haben bei den Zahnkarpfen (Cyprinodonten) die fleischfressenden Gattungen (Cyprinodon, Fundulus) ein kurzes Darmrohr, bei den pflanzenfressenden dagegen (Girardinus, Poecilia) verläuft er in zahlreichen Windungen. In ähnlicher Weise zeigt sich der Unterschied zwischen Cypriniden und Salmoniden. Während bei letzteren der Darm einen geraden Verlauf hat, bildet er bei den Karpfen zahlreiche Windungen, die erkennen lassen, daß diese Fische nicht ausschließlich Karnivoren sind. Über das Verhältnis der Körper- zur Darmlänge existieren bei verschiedenen Fischen Messungen. Dasselbe beträgt z. B. beim Hecht, Schlei, Döbel, Rotauge, Brachsen 1 : 1, beim Aal, Zander und Barsch 3 : 2, bei der Karausche 2 : 3, bei der Ziege 6 : 5, dem Wels 11 : 8.

Bevor wir uns den physiologischen Verdauungsvorgängen zuwenden, müssen noch vorher die äußeren und inneren Drüsen des Darmes kurz besprochen werden. Beginnen wir mit ersteren. Zunächst fehlen den Fischen die höheren Wirbeltieren zukommenden Speicheldrüsen. Dagegen besitzen alle Fische eine Leber. Ihre äußere Form zeigt große Verschiedenheiten; sie ist entweder einfach oder hat zwei oder drei lappige Fortsätze. Bei den Karpfen (Cyprinoiden) bildet sie drüsige Bänder, die sich in vielfachen Schlingungen dem Darme anlegen, beim Flußbarsch (Perca fluviatilis L.) ist sie dagegen ein voluminöses Organ von bräunlicher Farbe, das sich bis zum Ende des Magenblindsackes erstreckt. In ihrem Inneren zeigt sie meist tubulösen Charakter mit Gallenkapillaren. Sie hat die Aufgabe, die Gallenflüssigkeit zu produzieren, welche sie entweder direkt in den Anfangsteil des Mitteldarmes oder vorher in eine ovale Gallenblase entleert. Außerdem enthält die Leber in ihrem Inneren bei vielen Fischen viel flüssiges Fett (Öl), z. B. bei Neunaugen, Haien und Knochenfischen (Schellfischen, Rutte) und wird dann als Leckerbissen oft sehr geschätzt.

Zu den äußeren Anhangsdrüsen zählt ferner die Bauchspeicheldrüse (Pankreas), welche ausnahmslos allen Fischen zukommt. Ihre Größe ist sehr variabel; oft in Gestalt von mikroskopisch kleinen Drüsen, die durch die ganze Bauchhöhle zerstreut sind, oft eine kompakte Drüse bildend, die mit einem oder mehreren längeren oder kürzeren Ausführgängen in den Darm mündet (Cyclostomen). Bei den Knochenfischen stellt sie eine sogenannte „diffuse“ Drüse dar, die in ihrem Inneren aus langen, verzweigten und untereinander anastomosierenden Schläuchen besteht. Charakteristisch für das ganze Pankreas der Knochenfische ist ferner die enge Verbindung des Blutgefäßsystems mit dem Drüsengewebe und die Durchwachsung der Leber durch dasselbe. In letzterem Falle spricht man von einem Hepatopankreas. Dasselbe spielt, wie unten des näheren ausgeführt ist, beim Verdauungsprozesse der magenlosen Teleostier eine hervorragende Rolle.

Von äußeren Drüsen wäre endlich noch die dunkelrote Milz zu nennen,

welche bei Knochenfischen vermittels ihrer Gefäße und einer Falte des Bauchfelles an dem pylorischen Teil des Magens oder dem Anfange des Mitteldarmes aufgehängt ist. Bei den Haien sind häufig mehrere kleinere Stücke von dem Hauptkörper der Milz losgelöst. Über die Bedeutung der Milz ist nichts Sicheres bekannt, doch steht sie vermutlich zur Blutbildung in gewisser Beziehung.

Was nun die inneren Drüsen betrifft, so treten solche als echte mehrzellige Gebilde erst bei den Haien auf, während beim Lanzettfisch und den Neunaugen nur einzellige Drüsenzellen vorkommen. Und zwar enthält bei höheren Fischen, abgesehen von einzelligen Schleimzellen, stets nur die Schleimhaut des Magenteils die beiden Komponenten Fundus- und Pylorusdrüsen, während sie dem Anfangs-, Mittel- und Enddarm vollkommen fehlen. Auch der Spiraldarm der Haie läßt diese Drüsen ganz vermissen; desgleichen fehlen sie allen Knochenfischen, die keinen Magen besitzen, wie Weißfischen (Cyprinoiden), Grundeln (Gobiiden), Schleimfischen (Blenniiden) u. a. Bei diesen münden die Ausführgänge des Hepatopankreas gleich hinter dem Kiemendarm, so daß der Schlund unmittelbar in den Darm übergeht. Die Schleimhaut des Darmes weist im übrigen bezüglich ihres Reliefs interessante Verhältnisse auf. Eine eigentliche Zottenbildung fehlt oder ist sehr schwach ausgebildet; an ihre Stelle tritt meistens eine Längs- und Querfaltung, wodurch eine charakteristische Kryptenbildung hervorgerufen wird. Dieselbe ist im Darm vom Karpfen (Cyprinus carpio L.) und der Schleie (Tinca vulgaris Cuv.) besonders scharf ausgeprägt (s. Fig. 23).

Auch der Hechtdarm zeigt eine sehr starke Oberflächenentwicklung. Im Gegensatz dazu gibt es indes wiederum Fische, deren Darminnenfläche vollständig glatt verläuft, wie beim Koppen (Cottus gobio L.), Dorsch (Gadus morrhua L.) u. a.

Die verschiedenen anatomischen und histologischen Verhältnisse des Darmkanals der Fische lassen von vornherein vermuten, daß der chemische Prozeß der Verdauung bei den verschiedenen Fischklassen auf verschiedene Weise vor sich gehen wird. Dies trifft in der Tat zu. Bei den meisten Haifischen wurde der Magen stets sauer reagierend vorgefunden, doch konnte Weinland zuerst beim Rochen (Raja) und van Herwerden dann noch bei anderen Selachiern (Mustelus) sowohl während der Verdauung wie auch beim leeren Magen dieser Fische auch eine alkalische Reaktion feststellen. Dieselbe soll durch die Beschaffenheit des Sekretes der Magenschleimhaut und nicht durch die Reaktion der eingeführten Nahrung bedingt werden. Der Reaktionswechsel des Schleimhautsekretes wird durch sogenannte Sphinkteren (Muskeln) herbeigeführt, „indem bei ihrem Verschluß das Blut in den Gefäßen gestaut wird und nun alkalisches Sekret zur Ausscheidung gelangt, während bei offenen Sphinkteren das Blut un-

gehindert zirkuliert und ein saures Sekret sich ergießt" (Weinland). Die Entscheidung, welches Sekret auf die Nahrung ergossen wird, soll vom Nervensystem ausgehen. Es steht demnach fest, daß der Magen einiger Selachier sowohl peptische wie tryptische Reaktion aufweist. Ähnliche Verhältnisse weisen die Knochenfische auf, welche mit Drüsenmagen und pylorischen Anhängen ausgestattet sind. Trotz des ganz fraglosen peptischen Charakters der im drüsenhaltigen Magen wirksamen Protease ist der Nachweis gelungen, daß die Reaktion des Mageninhaltes nicht in allen Fällen

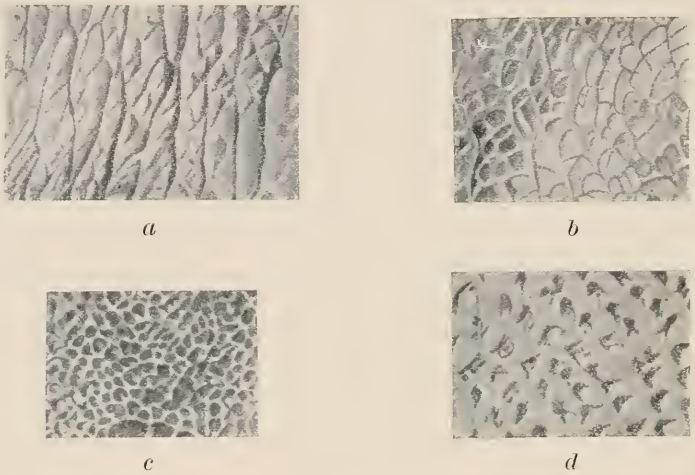

Fig. 23. Darmrelief verschiedener Fische. (Nach Eggeling.)
a Dünndarm von Scorpaena scrofa; *b* Dünndarm von Trigla lyra; *c* Dünndarm von Cyprinus carpio; *d* Enddarm von Mugil cephalus).

sauer ausfällt. Van Herwerden fand sie auch bei angefülltem Magen in vielen Fällen neutral oder alkalisch. Freie Säure konnte der Beobachter nur bei drei Fischen konstatieren, nämlich beim Lump (Cyclopterus lumpus L.), Dorsch (Gadus morrhua L.), Sternseher (Uranoscopus scaber L.). Neutral reagierte der Mageninhalt beim Angler (Lophius piscatorius L.), der Scholle (Pleuronectes platessa L.), Meeräsche (Mugil chelo Cuv.), beim Bandfisch (Cepola rubescens L.) u. a. Alkalische Reaktion wurde nachgewiesen bei der Scholle (Pleuronectes platessa L.), dem Steinbutt (Rhombus maximus L.), Meeraal (Conger) u. a. Eine Erklärung für diese Verschiedenheit der Reaktionen steht noch aus. Bei Süßwasserfischen, wie Forelle (Trutta fario L.), Hecht (Esox lucius L.) und Aal (Aquilla vulgaris L.) fand Decker den angefüllten Magen stets sauer reagierend. — Was nun die pylorischen Anhänge, deren funktionelle Bedeutung noch unklar ist, betrifft, so glaubt Krukenberg, daß ihnen eine große physiologische Bedeutung kaum zukommt und ihr funktioneller Wert nur darin zu suchen sei, daß ihr Sekret den Speisebrei bei seinem Eintritt in den Darm gleitbarer und kompakter macht. Bei magenlosen Fischen scheinen sie dagegen eine Verarbeitung des

Darminhaltes bei alkalischer Reaktion zu ermöglichen und damit die Wirkung des Pankreas zu unterstützen.

Die tryptische Wirkung in dem Darme der magenlosen Fische ist ziemlich sicher nachgewiesen; doch ist noch unentschieden, ob diese Verdauungswirkung auf das Sekret des Pankreas oder auf Bildung von Enzymen seitens der Darmschleimhaut zu schreiben ist. Nach Krukenberg scheint beim Karpfen (Cyprinus carpio L.) Leber wie Darm ein die Eiweißkörper bei alkalischer wie neutraler Reaktion verdauendes Enzym abzusondern. Dieses Enzym sei echtes Trypsin, und seine Bildung nicht nur auf die dem Darm anliegende Drüsenmasse beschränkt, sondern erstrecke sich wahrscheinlich noch außerdem auf die Zellen der Darmmukosa.

In neuerer Zeit hat Knauthe über die Wirkung des Hepatopankreas beim Karpfen Versuche angestellt. Extrakte, die aus demselben hergestellt wurden, zeigten eine stark tryptische Wirkung, welche durch die Galle wesentlich unterstützt wurde. Verdauungsversuche, die mit stickstoffreichen, künstlichen Futtermitteln, wie Blut- und Fleischmehl, Lupinen, Mais angestellt wurden, ergaben nach achtzehnstündiger Dauer dieselbe vollständige Ausnutzung von Eiweiß wie bei Verwendung der Verdauungssekrete der Warmblüter bei Körpertemperatur. — Hier hätten weitere Untersuchungen über die Enzymwirkung bei verschiedenen hohen und niederen Temperaturen einzusetzen, um, was besonders für Zuchtfische von hohem praktischem Werte wäre, über die Nahrungsaufnahme und Verdauung derselben während der verschiedensten Jahreszeiten genau orientiert zu sein. Über die Art der Nahrung s. S. 137—143.

7. Die Atmungsorgane.

Der auf die Mundhöhle folgende Darmabschnitt, der Pharynx, ist bei den Fischen an das Atmen im Wasser angepaßt und steht mit der Außenwelt mittels paarig angeordneter Kiemenspalten in Verbindung. Dieselben werden als sackartige Ausstülpungen des Vorderdarms angelegt, die dann nach außen durchbrechen. Beim Lanzettfisch wird der Schlund von zahlreichen Spalten durchbrochen, die beim jungen Tier direkt nach außen, später aber in einen umhüllenden Raum, den sogenannten Peribranchialraum münden, welcher das Atemwasser hinter der Mitte des Körpers austreten läßt. Die Rundmäuler besitzen jederseits sieben Kiemenspalten; sie führen in Kiemensäcke, an deren innerer Fläche Kiemenblättchen vorhanden sind. Letztere sind ihrem Ursprunge nach ebenfalls Gebilde des Darmes (entodermaler Herkunft) und können als Darmkiemen bezeichnet werden. Im Gegensatz zu diesen stehen die echten Hautkiemen der Haifische, Schmelzschupper und Knochenfische. Sie entstehen an der Außenseite der Kiemenbogen aus dem äußeren Hautüberzug, dem Ekto-

derm, oft schon viel früher, als die Kiemenspalten gebildet sind, und können entweder äußere (fadenförmige) oder innere Kiemen sein. Außer den Hautkiemen werden bei Selachiern und einem Teile von Ganoidfischen aus den zwischen dem Kiefer- und Zungenbeinbogen liegenden Kiemensäcken ein paar Kanäle gebildet, welche die Mundhöhle mit der Außenwelt verbinden und als Spritzlöcher (Spiracula) bezeichnet werden. Die in dieser Spalte sich entwickelnde, nicht funktionierende Kieme heißt Spritzlochkieme oder Pseudobranchie. Bei den Rundmäulern münden die Kiementaschen mit einem engen, die Kiemenblättchen schützenden Kanale nach außen, bei den Haien besitzt jede Kiemenspalte eine besondere schmale Schutzdecke, eine Hautfalte, welche sich über die nächstfolgende Spalte hinüberlegt und mit der unterliegenden Haut verwächst. Einen weiteren Fortschritt weisen die Chimären (Holocephalen) auf, welche bereits einen die Kiemenspalten bedeckenden Kiemendeckel besitzen, welcher durch Knorpelstrahlen des Zungenbeinbogens gestützt wird. Die höchste Vollkommenheit erhält dieser Kiemendeckel bei Ganoid- und Knochenfischen, indem er an seinem Randteile mit einer Branchiostegalmembran umsäumt ist, wodurch die Kiemenhöhle fast vollkommen nach außen abgeschlossen werden kann.

Die Kiemenblättchen sitzen in zwei Reihen auf der äußeren Kante der Kiemenbogen; bei den Haien trägt außerdem der Zungenbeinbogen noch eine Reihe von Blättchen. Dieselben rücken bei den Ganoidfischen an die Innenseite des Kiemendeckels und bilden hier die sogenannte Operkularkieme. Bei den Knochenfischen ist dieselbe ganz verkümmert und findet sich hier nur in Gestalt eines Gefäßknäuels, den man Nebenkieme nennt.

Was nun den feineren Bau der Kiemenblättchen betrifft, so bestehen dieselben aus drei Elementen, einer dreieckigen Schleimhautfalte, einem knorpligen oder knochigen Stützstabe und aus Muskeln, die die Blättchen zweier Nachbarreihen einander nähern und voneinander entfernen können. Die Schleimhaut ist auf den flachen Seiten fein quergefaltet, es entstehen die sogenannten respiratorischen Fältchen, die eine Vergrößerung der Gesamtoberfläche zur Folge haben (beim Hecht kommen etwa 15 Fältchen auf 1 mm). Jedes Kiemenblättchen einer echten Kieme erhält von einer an der Außenseite des Bogens liegenden Arterie einen zuführenden Ast; dieser Ast verläuft zunächst an demjenigen Rande des Blättchens, mit welchem es dem Blättchen der benachbarten Reihe desselben Bogens zugewendet ist. Dabei gibt das Gefäß sekundäre Zweige ab, die sich in ein Netz von Kapillaren auflösen. Diese sammeln sich am Ende des Blättchens in ein größeres Gefäß, das an der äußeren Kante des Blättchens entlang läuft und in die Kiemenvene des Bogens einmündet. Zum Schlusse vereinigen sich die Venen aller Bogen zu der großen Körperaorta, die das oxydierte Blut in den Körper verteilt (s. weiter unten).

Die Zahl der Kiemenblättchen ist im allgemeinen eine große, doch kann

auch durch eine lappenartige Vergrößerung der einzelnen Blätter eine Reduktion derselben eintreten, wie bei den Büchelkiemern (Lophobranchier). Auch die Zahl der mit Kiemenblättchen versehenen Bogen wird häufig reduziert, wobei die Kiemenspalten manchmal an Größe abnehmen oder vollständig verschlossen werden. So trägt häufig der hintere Bogen nur eine Reihe von Kiemenblättchen, wie z. B. beim Flösselhecht (Polypterus), oder sogar gar keine, so daß nur drei Bogen Blätter tragen, wie dies beim Angler (Lophius), Kugelfisch (Tetrodon) zutrifft.

Außer den echten Kiemen unterscheidet man bei vielen Fischen sogenannte akzessorische Kiemen, die entweder sackförmige Ausstülpungen der Kiemenhöhle oder Anhangsgebilde der einzelnen Kiemenbogen darstellen. Sie kommen einigen Fischen zu, welche die Fähigkeit besitzen, das Wasser-

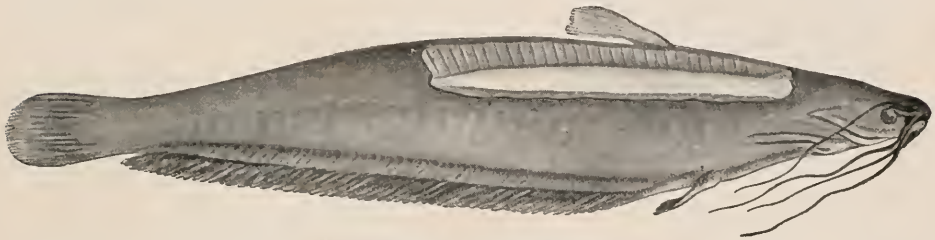

Fig. 24. Saccobranchus singio. Der respiratorische Sack ist frei präpariert. (Nach Schimkewitsch.)

medium zu verlassen und Luft zu atmen. So besitzen einzelne tropische Welsarten, wie Clarias und Heterobranchus, an den oberen Abschnitten des zweiten und vierten Kiemenbogens verzweigte Anhänge, von denen besonders diejenigen des vierten Bogens stark entwickelt sind und in einer taschenartigen Vertiefung der Schleimhaut der Operkularhöhle liegen. Ähnliche Anhänge besitzt der ebenfalls zu den Welsen gehörige Saccobranchus: einen Sack, welcher als Verlängerung der Kiemenhöhle mitten im Körper oberhalb der Rippen bis zum Schwanz verläuft und in seinem Inneren ein weitverzweigtes Gefäßnetz (sogenanntes Wundernetz) besitzt, das von den Kiemenarterien venöses Blut erhält, hier oxydiert und dieses der Aorta wieder zuführt (s. Fig. 24).

Schließlich zeichnen sich alle Labyrinthfische (Anabas, Osphromenus, Trichogaster, Polyacanthus, Macropodus usw.) durch den Besitz eines Labyrinthorganes aus, das allen diesen Fischen die Luftatmung zur Bedingung macht. Nach Henninger liegt hinter der Mundhöhle dieser Fische das Labyrinth, das von einer sackartigen Membran, der Labyrinthtasche, allseitig umschlossen wird. Das Labyrinth besitzt eine knöcherne Stütze, die durch Umwandlung eines Gliedes der ersten knöchernen Kiemenspange entsteht, indem von einer Knochenplatte derselben drei mehrfach gefaltete Seitenplatten ausgehen (s. Fig. 25). Durch diese mehrfache Faltung scheint das Labyrinthorgan sehr kompliziert gebaut,

was aber nicht zutrifft. Die Labyrinthtasche öffnet sich sowohl unter dem Kiemendeckel nach außen, als auch in die Mundhöhle. Das Blut, welches dem Labyrinth zugeführt wird, stammt aus den beiden ersten abführenden Kiemengefäßen, hat demnach die Kiemen bereits einmal passiert. Die Arterien verzweigen sich in der Haut des Labyrinths und bilden hier zahlreiche Wundernetze. Das Blut wird dann durch Ringvenen abgeführt, welche es in die Hauptvene (Vena jugularis) weiterleiten und dem Herzen zuführen. Es weicht in dieser Beziehung der Gefäßverlauf dieser Fische von den sonst für Knochenfische normalen Verhältnissen ab (s. S. 57), indem ein Teil des in den Kiemen und dem Labyrinthorgan arteriell gewordenen Blutes direkt dem Herzen zugeführt wird.

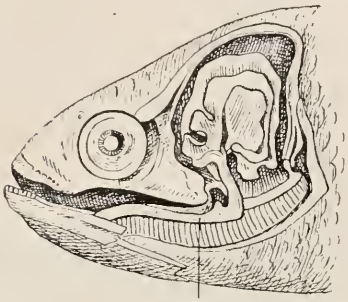

Fig. 25. Labyrinthapparat des Kletterfisches (Anabas), durch Entfernen des Kiemendeckels und der benachbarten Körperwand freigelegt. (Nach Henninger.)

Wie geht nun der Atemmechanismus der Fische vor sich? Derselbe besteht in einer abwechselnden Erweiterung und Verengerung der Mund- und Kiemenhöhle, wobei das Wasser durch das Maul eintritt und durch die Kiemenspalten nach außen gepreßt wird. Dabei spielt die Branchiostegalmembran eine große Rolle, indem sie sich bei der Exspiration vor den Ausgang der Kiemenhöhle legt und so den Rückstrom des Wassers verhindert. Das Öffnen und Schließen des Branchiostegalapparates wird durch mehrere Muskeln bewirkt, welche die Radii branchiostegi in Bewegung versetzen. Das Maul wird bei der Exspiration nie vollständig geschlossen, aber durch zwei am Ober- und Unterkiefer in der Richtung von vorn nach hinten angebrachte membranöse Klappen für den Rückstrom des Wassers gesperrt. Baglioni teilt die Knochenfische nach dem Atemtypus in vier Gruppen ein. Zur ersten Gruppe gehören die Barsche (Perciden), Meerbrassen (Sparidén), Adlerfische (Sciaeniden), Bandfische (Cepoliden), Lippfische (Labriden) und andere Fische, die ihre Atmung vorwiegend durch Bewegungen ihres Kiemendeckels bewerkstelligen, wobei die Branchiostegalbewegungen mehr zurücktreten. Den zweiten Atemtypus, bei dem die Bewegungen des Branchiostegalapparates mehr in den Vordergrund treten, repräsentieren die Meerbarben (Mulliden), Kaulköpfe (Cottiden), Knurrhähne (Trigliden), Grundeln (Gobiiden), Schleimfische (Blenniiden), Dorscharten (Gadiden) und Plattfische (Pleuronektiden). Beim dritten Typus spielen die Branchiostegalbewegungen bei weitem die wichtigste Rolle. Es sind dies die Drachenköpfe (Skorpaeniden), Petermännchen (Trachiniden), Armflosser (Pedikulaten), insgesamt Bodenfische. Den vierten Atemtypus stellen nach Baglioni Formen dar, denen ein wahrer Branchiostegalapparat fehlt;

zu ihnen gehören die Meernadeln und Seepferdchen (Syngnathiden) und die Hornfische (Sklerodermen). Auch die Haifische (Selachier) werden bezüglich ihres Atmungsmodus in drei Gruppen eingeteilt. So spielen bei der ersten Gruppe, den Katzenhaien (Scylliiden) und Marderhaien (Mustelliden), die Spritzlöcher neben der Mundöffnung nur eine ganz nebensächliche Rolle. Eine zweite Gruppe bilden die Meerengel (Squatiniden), bei denen der Mund gar keine Atembewegungen ausführt und das Atemwasser mittels einer Erweiterung der Kiemenhöhle durch die offengehaltenen Mund- und Spritzlochöffnungen eintritt. Der Austritt des Atemwassers erfolgt wie bei der vorigen Gruppe durch die äußeren Kiemenöffnungen, zum Teil auch durch die vordere Maulöffnung. Die dritte Gruppe bilden die Rochen (Rajiden). Bei diesen Fischen tritt das Atemwasser ausschließlich durch das dorsal gelegene Spritzloch ein und wird durch die bauchständigen Kiemenspalten ausgestoßen. Eigentümliche Verhältnisse weisen auch die Neunaugen (Cyclostomen) auf. Während bei ihren Larven (Ammocoetes) die Atmung wie bei den Knochenfischen vor sich geht, ist dies bei den parasitisch lebenden ausgewachsenen Formen unmöglich. Hier tritt unter Erweiterung und Verengerung des Kiemenkorbes das Atemwasser durch die Kiemenspalten ein und aus.

Der Atemmechanismus ist für das Leben des Fisches von eminenter Bedeutung. Je stärker die Körperbewegung, desto stärker das Atembedürfnis; dagegen genügt bei ruhigem „Schweben" im Wasser ein leichtes Fächeln seitens des Kiemendeckels bei geschlossenem Maule. Die Ansprüche für den Sauerstoffgehalt im Wasser sind bei den einzelnen Fischen verschiedene. Das höchste Sauerstoffbedürfnis haben die Salmoniden; sie leben nur in sauerstoffreichem Wasser, dessen Sauerstoffgehalt 7—8 ccm im Liter beträgt. Die Cyprinoiden (Weißfische) stellen dagegen viel geringere Anforderungen (4—5 ccm Sauerstoff pro Liter).

Auch die verschiedene Empfindlichkeit gegen Sauerstoffmangel kommt bei diesen Fischfamilien deutlich zum Ausdruck. Während die Edelfische schon bei einem Gehalt von 1,5 ccm Sauerstoff ersticken, konnte W i n t e r s t e i n bei Weißfischen den Nachweis führen, daß bei diesen erst eine Herabsetzung des Sauerstoffgehaltes auf 0,5—0,4 ccm Asphyxie und Tod herbeiführt. Am wenigsten anspruchsvoll sind jene Fische, welche nebst der Wasseratmung auch zur L u f t a t m u n g greifen können. Diese Erscheinung tritt schon bei einigen Cyprinoiden, wie dem Karpfen, auf und stellt hier eine „Notatmung" dar. Bei verschiedenen Gelegenheiten, wie Abfischung von Teichen, Halten der Karpfen in engen Behältern, wie Bottichen (s. Fig. 26), kann man beobachten, wie diese Fische scharenweise an die Wasseroberfläche kommen und hier unter hörbarem Geräusche Luft schnappen. Natürlich kann es sich hier um keine direkte Luftatmung handeln; die aufgenommene Luft wird vielmehr mit dem Atemwasser vermengt, wodurch dessen

Sauerstoffgehalt etwas erhöht wird; die überschüssige Luft wird schließlich meistens wieder durch das Maul abgegeben. An der Luft gehen die meisten Fische in kürzerer oder längerer Zeit an den Erscheinungen der Erstickung zugrunde, weil die respiratorischen Falten entfeuchtet und durch Schleim fest verklebt werden. Sind dagegen, wie z. B. beim Aal, die Kiemen durch eine geräumige Kiemenhöhle und enge Kiemenspalte vor dem schnellen Austrocknen geschützt, dann kann der Fisch viele Stunden außerhalb des Wassers aushalten (s. S. 97). Die Fähigkeit einer direkten Luftatmung kommt wenigen Fischen zu; es sind dies zwei Schmerlenarten, der Schlammpeizger (Cobitis fossilis L.) und der Steinbeißer (Cobitis taenia L.), ferner einige südamerikanische Panzerwelse der Gattungen Hypostomus, Callichthys und Doras, außerdem in vollendeter Weise die Labyrinthfische und Lurchfische (Dipneusten). Während ältere Autoren, wie v. Siebold,

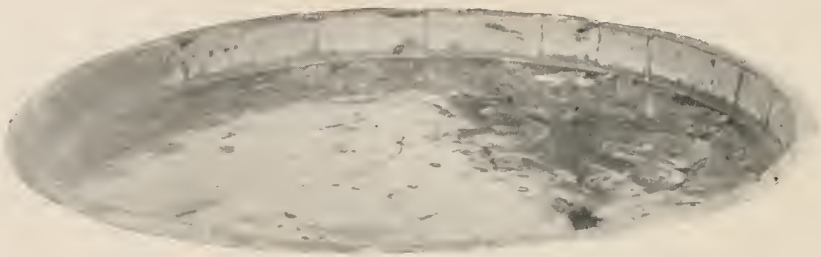

Fig. 26. Karpfen an der Wasseroberfläche eines Bottichs „Luft schnappend". Nach einer Momentaufnahme des Verfassers.

der Meinung waren, daß alle Cobitiden (Schmerlen) sich „an ihren natürlichen Aufenthaltsorten nur dann der Darmatmung bedienen, wenn sich in ihrer Umgebung das Wasser verloren hat und sie genötigt werden, sich in Schlamm und Moder zu vergraben", haben Babak und Dedek nachgewiesen, daß der Schlammpeizger (Cobitis fossilis L.) trotz normaler Temperatur von 15° C die Darmatmung schon in Tätigkeit setzt, selbst wenn das Wasser gut durchlüftet ist. Es wurden bei dieser Temperatur fünf Darmventilationen in der Stunde beobachtet, bei 25° C neunzehn innerhalb zweier Stunden. Hatte der Fisch viel Luft aufgenommen, so konnte die Kiemendeckelbewegung bis sieben Minuten lang eingestellt werden. Im ausgekochten und filtrierten Leitungswasser von 25° und höher stieg der Fisch 27mal in der Stunde an die Oberfläche, um gewöhnlich mehrere Male hintereinander Luft einzuschlucken und abzugeben. Ähnlich wie in diesen Versuchen macht es der Fisch im Freien; er kommt öfters an die Wasseroberfläche, um Luft zu schnappen. Diese wird verschluckt, durch den Darmtraktus hindurchgetrieben und zum After wieder ausgestoßen, nachdem sie dem Darme etwa die Hälfte ihres Sauerstoffes abgegeben (s. Fig. 27). Wie Untersuchungen Calugareanus zeigen, besitzt der

mittlere und hintere Darmabschnitt ein reiches Netz von Blutkapillaren, die bis dicht an das Epithel reichen, so daß hier den Lungen der höheren Wirbeltiere vergleichbar ähnliche Verhältnisse auftreten. Der Mitteldarm wird zum Atemdarm; doch ist er nicht imstande, dem Fische die Kiemen

Fig. 27. Schlammpeizger (Cobitis fossilis L.). Das obere Exemplar schnappt Luft und läßt zugleich Luftblasen durch seinen After entweichen. (Nach Hesse.)

zu ersetzen, da die Ausscheidung von Kohlensäure nur durch letztere vor sich gehen kann. Es muß daher die Darmatmung stets Hand in Hand mit der Kiemenatmung gehen. In weit größerem Maße wird diese von den Labyrinthfischen entbehrt. Wie bereits oben ausgeführt, benutzen diese Fische zur Luftatmung das Labyrinthorgan, was durch sorgfältige Untersuchungen Henningers nachgewiesen wurde. Dieselben wurden unter

normalen Verhältnissen, Ausschluß der Luft- oder Kiemenatmung, Ausschluß beider Atmungsweisen und verschiedenen Temperaturen ausgeführt. Unter normalen Bedingungen konnte der Beobachter konstatieren, daß bei Makropoden der Mund zur Atmung gar nicht bewegt wurde und die Atembewegungen von der Kiemenhaut ausgeführt wurden. Dabei stiegen die Fische in Intervallen von drei Minuten (Anabas alle 18 Minuten, Trichogaster in 110 Minuten) an die Oberfläche, um Luft zu schnappen. Wurde das Aufsteigen durch ein einige Zentimeter unter der Oberfläche des Wassers eingespanntes Netz verhindert, dann ging der Makropode nach vergeblichen Versuchen, durch das Netz hindurchzudringen, in 7 Stunden 42 Minuten nach Beginn des Versuches zugrunde (Trichogaster nach 112 Stunden). Beweist nun dieser Versuch die Unentbehrlichkeit direkter Luftatmung, so zeigt der folgende, daß Luftatmung allein ein längeres Aushalten auch unter sehr ungünstigen Bedingungen ermöglicht. So blieb in einem trockenen Porzellangefäß Macropodus $5^3/_4$ Stunden, Trichogaster 6 Stunden am Leben, während ein zur Kontrolle miteingesetzter Weißfisch schon nach einer halben Stunde tot war. Wurde der Boden des Versuchsgefäßes mit angefeuchteten Pflanzen bedeckt, so wurde die Lebensdauer verlängert; es ging der Makropode nach 27 Stunden, Trichogaster nach 10 Stunden zugrunde. Endlich wurden die Versuchsfische in ausgekochtes Wasser gebracht. Hier zeigte der Makropode noch nach 30 Stunden keinerlei Symptome von Mißbehagen, während der Kontrollfisch (Alburnus lucidus Heck.) nach 50 Minuten starb. Weitere Versuche wurden mit verschieden hohen Temperaturen angestellt und ergaben das Resultat, daß mit wachsender Temperatur die Lebensdauer der Labyrinthfische abnahm, indem das Sauerstoffbedürfnis proportional der Temperatur stieg. Die Versuche lassen an der respiratorischen Funktion des Labyrinthorganes, sowie an der Wichtigkeit direkter Luftatmung für diese Fische keinen Zweifel. Dem entspricht auch die freie Lebensweise der Labyrinthfische. Die meisten sind ausgesprochene Schlammfische, einige können das Austrocknen des Gewässers und das Leben am Lande durch längere Zeit ertragen (s. S. 85).

Die vollendetste Luftatmung finden wir bei den Lurchfischen (Dipneusten). Bei diesen Fischen, die ja bekanntermaßen den Übergang zu den Amphibien vermitteln, ist die Schwimmblase neben den Kiemen zum Atmungsorgane geworden (s. S. 63) und ermöglicht selbst ein monatelanges Verweilen außer Wasser (s. S. 85).

8. Das Gefäßsystem.

Das Vehikel der Atmung bei den Fischen ist das Blut, welches von einem mechanischen Druck- und Pumpwerke, dem Herzen, in dem gesamten Körper umhergetrieben wird. Das Herz liegt weit vorn hinter dem Kopfe und dem Kiemenapparat, ist von einem durchsichtigen Herzbeutel um-

schlossen, dessen Innenraum bei den Haifischen (Selachiern) und Stören mit der Peritonealhöhle durch einen sekundär entstandenen Kanal kommuniziert, und besteht aus mehreren Teilen. Der hinterste Teil ist der Venensinus (Sinus venosus), welcher bei den meisten Fischen von der Vorkammer (Atrium) durch zwei Klappen abgetrennt ist. Die Vorkammer liegt an der Rückenseite der stark muskulösen Herzkammer (Ventriculus). Letztere hat meist die Gestalt einer dreiseitigen Pyramide und ist von der Vorkammer ebenfalls durch zwei Taschenklappen getrennt. Bei den Haien, Schmelzschuppern und Lurchfischen schließt sich an die Herzkammer ein besonderer Herzabschnitt mit mehreren Klappen, der sogenannte Conus arteriosus, an, welcher bei den Neunaugen etwas verkümmert, bei den Knochenfischen rückgebildet ist. Bei letzteren beginnt die aufsteigende Aorta (Aorta ascendens = Truncus arteriosus) mit einer zwiebelartigen Verdickung, dem Bulbus arteriosus. Die von der Aorta abgehenden Kiemenarterien entsprechen ihrer Zahl nach den Kiemenbogen und leiten das venöse Blut in die Kiemenblätter, woselbst es, wie schon früher besprochen wurde, arteriell wird. Die aus dem Kapillarnetz austretenden Gefäße (Epibranchialarterien) vereinigen sich über dem Schlund zur großen Körperschlagader (Aorta descendens), die unter der Wirbelsäule bis zum Schwanzende verläuft und alle Organe mit Blut versorgt. Zur Rückführung des venösen Blutes zum Herzen ist nur in wenigen Fällen ein medianes Bauchgefäß, eine Subintestinalvene wie beim Lanzettfisch (Amphioxus) vorhanden. Bei den meisten Fischen besteht vielmehr das Venensystem aus zwei vorderen Jugularvenen und zwei hinteren Kardinalvenen, die sich jederseits zu einem Querkanal, dem Cuvierschen Gang, vereinigen und mit diesen in den Venensinus (s. oben) einmünden. Letzterer nimmt auch das Blut aus der Leber auf und führt das gesamte aus dem Körper stammende venöse Blut in die Vorkammer des Herzens.

Das Fischherz enthält im Gegensatz zu dem der höheren Wirbeltiere stets venöses Blut. Nur bei den Lurchfischen machen sich die Anfänge einer Unterscheidung zwischen venösem und arteriellem Herzblute geltend. Die Herzvorkammer dieser Fische wird nämlich durch eine Scheidewand in einen rechten und linken Teil geteilt; trotzdem diese Teilung keine vollständige ist, sind doch Vorrichtungen getroffen, die eine Vermischung beider Blutarten hintanhalten. Auch der Sinus venosus ist in zwei Teile, einen rechten und einen linken geteilt. Durch die rechte Öffnung tritt in den rechten Vorhofsteil das ganze venöse Blut ein, während durch die linke das arterielle Blut aus den Lungen (Schwimmblase) in die linke Vorhofskammer gebracht wird. Obgleich nun, wie erwähnt, die den Vorhof teilende Scheidewand keine vollständige ist, bleiben jedoch beide Vorhofsabschnitte dadurch getrennt, daß der obere Rand derselben bei der Kontraktion des Herzens an die Herzwand gedrückt wird, wodurch eine Vermischung des

venösen mit dem arteriellen Blute verhindert wird. Diese Trennung erhält sich noch zum Teile (bei Protopterus) sogar im Conus arteriosus, so daß tatsächlich dem Kopfe durch seine Gefäße (Carotiden) rein arterielles Blut zugeführt wird.

Da bei den Fischen das Herz nur einen einmaligen (venösen) Blutdurchtritt erfährt, so kann man es mit der rechten Herzhälfte der warmblütigen Tiere vergleichen. Die Arbeit, die es zu vollbringen hat, ist keine sehr große. Die Hauptenergie wird für das Durchtreiben des Blutes durch die Kiemenkapillaren verbraucht, während die Bewegung des Blutes in der Körperaorta ohne jeden Druck geschieht und direkt als ein „Fließen" bezeichnet werden kann. Die Rückbeförderung des Blutes zum Herzen geschieht durch Saugwirkung, welche durch die rhythmischen Kontraktionen der Herzkammer hervorgerufen wird. Das Herz funktioniert also als Druck- und Saugpumpe zugleich. Die Kontraktionen des Herzens wiederholen sich bei Friedfischen 18—30mal in der Minute, bei Raubfischen und schnellen Schwimmern öfters. Sie nehmen bei Erwärmung des Wassers zu (bei 24° C bis 124 Kontraktionen beobachtet), zur kalten Jahreszeit aber, besonders bei Fischen mit Winterschlaf (s. S. 84) erheblich ab und werden auf die Zahl 1 pro Minute reduziert.

Die Größe des Fischherzens ist im Vergleich zum gesamten Körpergewicht eine geringe. „Am kleinsten ist das Herz bei einigen aalartigen Meerfischen, die, mit dem Rumpf im Sande eingewühlt, auf leichte Beute lauern: bei Ophisurus beträgt das Herzgewicht nur 0,15 ‰, bei Sphagebranchus 0,28 ‰ des Körpergewichts. Andere lauernde Grundfische von größerer Kraft haben ein bedeutenderes Herzgewicht, so der Himmelsgucker (Uranoscopus) 0,52 ‰, das Petermännchen (Trachinus) 0,62 ‰. Die meisten freischwimmenden Friedfische des Meeres haben ein Herzgewicht, das zwischen 0,6 und 0,8 ‰ schwankt. Die kräftigen Schwimmer und gewaltigen Räuber aber aus der Verwandtschaft der Makrelen, denen auch noch dazu die Schwimmblase fehlt, besitzen bedeutend größere Herzen: bei Trachurus wiegt es 1,56 ‰, beim unechten Bonite (Pelamys sarda C. V.) sogar 2,12 ‰" (Hesse).

Wir haben hier ein treffendes Beispiel, wie sich die Größe des Herzens der Lebensweise der Fische genau angepaßt hat; Friedfische mit geringen Schwimmleistungen zeigen ein kleines Herzgewicht, Raubfische und gute Schwimmer ein bedeutend höheres.

Das Blut der Fische ist mit Ausnahme desjenigen des Lanzettfischchens (Amphioxus) und der Aallarve (Leptocephalus) rot gefärbt. Die Rotfärbung beruht auf der Färbung der roten Blutkörperchen mit Hämoglobin; sind sie mit Sauerstoff angereichert, dann haben sie eine hochrote Farbe (arterielles Blut), während Kohlensäuregehalt sie blaurot färbt (venöses Blut). Die Gestalt der Blutkörperchen ist eine ovale, nur die Neunaugen (Cyclostomen)

besitzen runde Scheiben. Die Größe ist am bedeutendsten bei den Haien (Selachiern), während sie bei Knochenfischen (Teleostiern) eine geringere ist. So besitzen, wie Hesse angibt, die Blutkörperchen beim:

	μ		μ
Zitterrochen (Torpedo marmorata R.) . .	27 × 20	Aal (Anquilla) . . .	15 × 12
Rochen (Torpedo sp.) .	25 × 14	Barbe (Barbus) . . .	14,6 × 4,8
Neunauge (Petromyzon)	15 × 15	Seezunge (Solea) . .	12 × 9

wobei der große und der kleine Durchmesser in $\mu = {}^1/_{1000}$ mm ausgedrückt ist. Was die Zahl der Blutkörperchen betrifft, so sind in 1 cmm enthalten beim:

	Millionen		Millionen
Zitterrochen	0,14	Seezunge	2,00
Rochen	0,23	Bachforelle[1])	1,40
Neunauge	0,13	Karpfen[1])	1,88
Aal	1,10	Schleie[1])	1,68
Barbe	1,28		

Aus den beiden Verzeichnissen geht hervor, daß mit der Größenzunahme der Blutkörperchen ihre absolute Zahl abnimmt. Die größten Blutkörperchen besitzen die Rochen, die kleinsten die Knochenfische, dafür ist die Anzahl bei letzteren eine bedeutende. Neben roten Blutkörperchen besitzen die Fische auch weiße, jedoch in weit geringerer Zahl; sie nehmen keine feste Gestalt an, sondern verändern sich amöboidförmig. Die gesamte Blutmenge, welche der Fischkörper enthält, ist verhältnismäßig gering und beträgt etwa ${}^1/_{63}$ des gesamten Körpergewichtes.

Als wechselwarme (poikilotherme) Tiere besitzen die Fische ein Blut, dessen Temperatur sich in der Regel jener des umgebenden Wassers anpaßt. Simpson, der über die Körpertemperatur von Seefischen Untersuchungen anstellte, fand nur sehr geringe Unterschiede zwischen Körper- und Wassertemperatur. Bei kleinen Fischen waren sie fast Null; aber auch bei großen, wie Dorsch (Gadus morrhua L.) und Leng (Molva vulgaris) betrug der Unterschied höchstens ein Grad. Ähnliche Resultate erzielte Fibich bei Süßwasserfischen (Karpfen und Forellen); er konstatierte, daß sowohl Muskelarbeit wie Stoffwechsel eine Temperatursteigerung bis zu einem Grade zur Folge haben kann. Bei raschen und andauernden Schwimmern, wie sie unter Meeresfischen nicht selten sind (Thunfisch, Makrele usw.), kann infolge der starken Muskelbewegungen ein Plus von Wärme erzeugt werden, was ein erhebliches Ansteigen der Körpertemperatur bewirkt. So wurde bei frischgefangenen

[1]) Nach Hoffmeyer.

Thunfischen die Innentemperatur um etwa 10° höher als die Temperatur des Wassers gefunden. Temperatursteigerungen konnte ferner Fibich an erkrankten Fischen (Karpfen mit Rotseuche, erkälteten Schleien, Forellen mit Furunkulose) feststellen, die nicht selten +2° erreichten, so daß man berechtigt ist, von Fiebererscheinungen bei Krankheiten der Fische sprechen zu können. —

Im Anschlusse an das Blutgefäßsystem sei hier in kurzem dasjenige der Lymphgefäße erwähnt. Dieselben sind mit allen Teilen des Körpers durch zarte Zweige in Verbindung und sammeln sich zu Hauptgefäßen, die in die Venen einmünden. Dabei können einzelne Bezirke kontraktil und zu sogenannten Lymphherzen werden. Ein solches besitzt z. B. der Aal in der Schwanzgegend. Die Lymphe ist insofern von großer Wichtigkeit, als sie zur Ernährung und Bildung der Blutkörperchen dient. Die Lymphgefäße selbst werden neuerdings als gasleitende Elemente angesehen, welche die Aufgabe haben, nicht nur das Labyrinth, sondern auch alle Kopforgane mit Sauerstoff von der Schwimmblase aus zu versorgen (Popta).

9. Die Schwimmblase.

Die Schwimmblase der Fische ist eine Ausstülpung des Vorderdarmes, die mit dem Schlunde entweder zeitlebens in Verbindung bleibt (Physostomen) oder vollständig abgeschlossen wird (Physoclisten), indem der embryonal angelegte Verbindungsgang (Luftgang oder Ductus pneumaticus) rückgebildet wird. Die Schwimmblase liegt meistens an der dorsalen Seite unmittelbar unterhalb der Niere und der Wirbelsäule. Sie ist fast stets ein unpaarer, selten paarig mit Luft gefüllter Sack, und besteht aus zwei straffen Schichten: einer äußeren derben, die Bindegewebe, eine Anzahl von elastischen Fasern und glatte Muskeln enthält, und einer inneren epithelialen Schicht, welche öfters stark lichtbrechende Kristalle (Guanin) führt. Auch können Verknöcherungen ihrer Wände vorkommen (wie beim Schlammpeizger, Cobitis fossilis L.). Die innere Auskleidung der Schwimmblase enthält Besonderheiten. Man unterscheidet bei vielen Fischen zunächst bestimmte Zellenkomplexe, die durch ein kompliziertes Wundernetz von Blutgefäßen umgeben sind und gasausscheidende Drüsen vorstellen, die den Namen rote Körper führen. In ähnlicher Weise findet sich bei vielen Fischen (Physoclisten) das sogenannte Oval, das sich ebenfalls durch reiche Blutgefäßversorgung auszeichnet und, wie wir unten sehen werden, der Gasresorption dient. Die Blutgefäße des Ovals können durch einen Schließmuskel (Sphinkter) verschlossen werden.

Die Schwimmblase kommt nicht allen Fischen zu. Sie fehlt vor allem den großen Gruppen der Haie (Selachier) und Rundmäuler (Cyclostomen), ferner einer größeren Anzahl von Knochenfischen (Teleostiern): Makrelen

(Scombriden), den Plattfischen (Pleuronektiden), sowie anderen Grundfischen, wie dem Himmelsgucker (Uranoscopus), Schleimfischen (Blenniiden), dem Petermännchen (Trachinus), den Drachenköpfen (Scorpaeniden) und dem Koppen (Cottus gobio L.). Auch bei vielen Tiefseefischen wird die Schwimmblase rudimentär oder fehlt vollständig. Zu letzteren gehören manche Leuchtfische (wie Skopeliden), welche trotz Mangel der Schwimmblase nachts an die Oberfläche kommen. Wohl besitzen die Plattfische (Pleuronektiden) in ihrer Jugend eine ausgebildete Schwimmblase; sobald die Fische aber von der pelagischen zur benthonischen Lebensweise übergehen und zu dauernden Grundfischen werden, schwinden die Schwimmblasen vollständig.

Äußere Form und Gestalt der Schwimmblase variiert außerordentlich. Sie stellt entweder einen länglichen einfachen Sack dar (Salmoniden), kann aber in zwei oder drei Abteilungen zerfallen. Bei den Karpfen (Cypriniden) und Salmlern (Characiniden) erscheint sie durch eine quere Einschnürung in einen vorderen und hinteren Abschnitt geteilt, die miteinander durch eine enge Öffnung kommunizieren. Bei manchen Welsen (Siluriden) ist sie vorn mit symmetrischen Ausstülpungen versehen, bei den Aderfischen (Sciaeniden) besitzt sie oft bis fünfzig Ausstülpungen, die untereinander in Verbindung stehen. Schließlich kann die hintere Abteilung vollkommen schwinden und nur ein Rudiment der vorderen Kammer übrig bleiben, wie dies bei den Schmerlen (Cobitiden) zutrifft.

Die Zusammensetzung der Schwimmblasengase (Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoff) ist von jener der atmosphärischen Luft verschieden, das Gasgemenge kann also nicht, wie T h i l o annimmt, aus dieser aufgenommen werden. Bei Oberflächenfischen erreicht der Stickstoffgehalt bis 83 %, jener der Kohlensäure etwa 2 %, während der Rest von 15 % auf den Sauerstoff fällt. Bei Tiefseefischen kann hingegen der Sauerstoffgehalt bis auf 70 % steigen.

Welche Aufgaben hat die Schwimmblase zu erfüllen? Sie kann eine mehrfache Funktion haben. In erster Linie ist sie ein hydrostatischer Apparat und ermöglicht es dem Fische, in jeder Wassertiefe das spezifische Gewicht seiner Umgebung anzunehmen. Ferner kann sie als Atmungsorgan dienen und damit zur Lunge werden, wie dies insbesondere bei den Lurchfischen (Dipneusten) schön zu sehen ist; drittens steht sie bei einigen Fischen (Ostariophysen) mit dem Gehörorgan in Korrelation; schließlich wird sie zur Hervorbringung von Tönen verwendet.

Als Gasbehälter mit elastischen Wänden unterliegt die Schwimmblase den physikalischen Gesetzen des Überdruckes und der Druckverminderung mit damit verbundener Volumvergrößerung, entsprechend der auf dem Fischkörper lastenden Wassersäule. In größeren Tiefen nimmt daher die Schwimmblase ein geringeres Volumen ein, dehnt sich aber um so mehr

aus, je näher der Fisch an die Oberfläche kommt. Die Volumschwankungen werden in erster Linie passiv durch den äußeren Druck hervorgerufen, wobei die Schwimmblase durch passive Vermehrung oder Verminderung ihres Volums Änderungen im spezifischen Gewicht ermöglicht. Daneben ist sie imstande, in gewissen Grenzen ihr Volumen aktiv durch Resorption oder Sekretion der Gase, besonders des Sauerstoffs, zu verändern. Sie bedient sich dabei als Mittel der Muskeln ihrer Wand, die bei manchen Fischen eine stärkere Ausbildung erlangen. Die Cypriniden (Karpfen) besitzen Längsstreifen querverlaufender glatter Muskelzellen, andere Fische, wie Hecht, Barsch usw., haben einen Komplex von glatten Muskeln, bei einigen Seefischen, wie Knurrhahn (Trigla) und Heringskönig (Regalecus) enthält die Blasenwand scharf begrenzte Platten quergestreifter Muskulatur. Durch Kontraktion derselben vermag der Fisch einer Volumvergrößerung seiner Blase entgegenzusteuern. Dabei wird die Resorption der Gase bei jenen Fischen, die keinen Luftgang (Ductus pneumaticus) besitzen, durch das bereits erwähnte „Oval" vollzogen, indem die Gase, insbesondere der Sauerstoff, durch Diffusion in das Blut übertreten. Bei Fischen mit Schwimmblasengang (Physostomen) wird hingegen der Luftüberschuß durch den Schlund und das Maul nach außen befördert. Die Ausscheidung der Gase, besonders des Sauerstoffs, geschieht wahrscheinlich von dem „roten Körper" aus mit seinem als Gasdrüse differenzierten Epithel, doch ist über diesen Vorgang noch nichts Genaues bekannt. Steigt der Fisch aus tieferen Regionen allmählich in höhere, so wird diese Niveauveränderung ohne weiteres in der Schwimmblase ausgeglichen; anders verhält es sich jedoch, wenn der Fisch aus größeren Tiefen plötzlich in seichtere Schichten oder an die Oberfläche emporgerissen wird (bei Netzfängen usw.). In diesem Falle ist der Fisch außerstande, die gewaltige Druckschwankung auf aktivem Wege auszugleichen, es tritt vielmehr infolge der großen Ausdehnung der Gase eine gewaltsame Zerstörung der Schwimmblase ein, ja es kann selbst die Bauchwand zersprengt werden. Man nennt diese Erscheinung die „Trommelsucht". Sie wird bei Tiefseefischen, wie z. B. beim Kilch des Bodensees (Coregonus hiemalis Jur.), häufig beobachtet.

Neben der rein statischen Funktion kann die Schwimmblase auch eine Orientierung des Körpers im Wasser bewirken. Dies gilt insbesondere für jene Fische (Cypriniden), deren Blase in eine vordere und hintere Abteilung geteilt ist. Je nach der mehr dorsalen oder ventralen Lage der Blase wird der Schwerpunkt tiefer oder höher verschoben, wodurch eine Hebung resp. Senkung des Vorderendes hervorgerufen wird. Dieser Vorgang beruht nach Guyenot entgegen der jetzigen Annahme keineswegs auf aktiver Verschiebung des Luftgehaltes in den beiden Blasenabschnitten, sondern auf der größeren Elastizität des vorderen Abschnittes und der so bewirkten stärkeren passiven Ausdehnung aus Anlaß der Bewegungen in vertikaler Richtung.

Die zweite Aufgabe, welche der Schwimmblase zufällt, ist eine respiratorische. So ist bei manchen Fischen erwiesen, daß im Fall unterbrochener Sauerstoffzufuhr durch die Kiemen, z. B. beim Transport außerhalb des Wassers (z. B. Karpfen), für einen gewissen Zeitraum vikariierende Atmung aus dem Inhalt der Schwimmblase eintreten kann. Der Sauerstoff wird verbraucht und die Blase derart entleert, daß ihre Wände schlaff werden. Wird ein derartiger Fisch rechtzeitig wieder in sauerstoffreiches Wasser gebracht, so erholt er sich vollständig und füllt die Schwimmblase mit nunmehr durch die Kiemen aufgenommenem Sauerstoff wieder prall an (S p e n g e l).

Die respiratorische Tätigkeit kann mit der hydrostatischen Hand in Hand gehen oder die vorherrschende werden. Ersteres ist bei einem Knochenfisch aus der Familie der Salmler (Characiniden), Erythrinus, der Fall, dessen vorderer Schwimmblasenabschnitt den üblichen Bau des Luftsackes, dessen hinterer einen zellulären, lungenähnlichen aufweist. Ähnliche Verhältnisse finden sich beim Knochenhecht (Lepidosteus) und Hundsfisch (Amia); bei diesen Fischen erscheint die Schwimmblase alveolär gebaut und befähigt, beide Funktionen, hydrostatische und respiratorische, auszuführen.

Die höchste Vervollkommnung einer respiratorischen Funktion findet sich bei den Lurchfischen (Dipnoern). Beim australischen Djelleh (Ceratodus) stellt die dorsal gelegene Schwimmblase zwei Reihen von Kammern mit alveolären Wänden vor, beim afrikanischen Schlammfisch (Protopterus) und südamerikanischen Schuppenmolch (Lepidosiren) sind die Schwimmblasen lungenpaarige, langgestreckte Säcke, welche zwar keine Kammerung, aber alveoläre Schichtung aufweisen. Der gemeinsame Luftgang ist ein häutiger Bronchus, welcher bei seiner Mündung einen Muskelschließapparat besitzt und damit einen Kehlkopf (Larynx) bildet. Dadurch erklärt sich auch, daß Protopterus, aus dem Schlafe erwachend, der Vokalstimme ähnliche Laute hervorstößt. Die Lurchfische sind bekanntlich imstande, in vollkommen ausgetrockneten Gewässern zu leben und dann ausschließlich Luft zu atmen (s. S. 23).

Über die Beziehung der Schwimmblase zum Gehörorgane war schon auf S. 40 ausführlich die Rede. Es sei nur hier kurz erwähnt, daß die Wirksamkeit des Druckapparates derart zustande kommt, daß z. B. bei Verringerung des Wasserdruckes zuerst eine Vergrößerung des Schwimmblasenvolumens eintritt, welche durch Vermittlung des W e b e r schen Organes eine Verringerung des Druckes im Sacculus auslöst, die wiederum ihrerseits durch nervöse Vermittlung eine Muskelentspannung bewirkt, wodurch ein größeres Körpervolumen erzielt wird (W e g e n e r). Auch bei Fischen ohne W e b e r sches Organ, wie Heringen (Clupeiden), stellen sich Schwimmblasenvolumen, Wasserdruck und Muskeltonus aufeinander ein, indem infolge der Lage des Labyrinthes zum Rachen der Wasserdruck sich direkt auf das innere Ohr fortpflanzt.

Die Beteiligung der Schwimmblase bei den Lautäußerungen vieler Fische, indem sie als Resonator der durch starke Kontraktion gewisser Muskelgruppen hervorgerufenen Geräusche dient, habe ich ebenfalls schon früher besprochen (S. 40).

Zum Schlusse möchte ich noch der eigenartigen Schwimmblase einiger Haftkiefer (Plectognathen) gedenken. Einige derselben, wie Monacanthus, Triacanthus, besitzen überhaupt keine Schwimmblase, sondern benutzen als hydrostatisches Äquivalent ihren Magen, den sie mit Luft anfüllen und aufblasen; in ähnlicher Weise vollführen es der Igelfisch (Diodon), Kofferfisch (Ostracion) und Kugelfisch (Tetrodon). Letzterer benutzt dazu eine ventrale sackförmige Ausstülpung seines Schlundes, die er in Zeiträumen von je etwa vierzig Minuten mit atmosphärischer Luft derart anfüllt, daß der Körper kugelförmig aufgeblasen erscheint und ballonartig auf der Wasseroberfläche treibt. Man sieht in dieser Eigenschaft auch ein Abschreckmittel dieses Fisches gegen feindlichen Angriff, doch ist es sicher, daß der aufgenommene Luftvorrat auch zum Atmen verwendet wird (Darmatmung).

10. Die Exkretionsorgane.

Die Nieren der Fische sind von mannigfacher Gestalt und Größe. Die einfachsten Verhältnisse finden wir beim Lanzettfisch (Amphioxus); die Niere besteht hier aus Harnkanälchen, die in der ganzen Kiemenregion branchiomer angeordnet sind, mit mehreren trichterförmigen Enden in der Leibeshöhle beginnen und in den Peribranchialraum ausmünden. Die Nieren der Rundmäuler (Cyclostomen) sind paarige Gebilde, welche in Gestalt von zwei verlängerten Körpern an der dorsalen Seite der Leibeshöhle liegen; aus ihnen entspringen zwei Harnleiter, die an einer besonderen Papille (Urogenitalpapille) hinter der Aftermündung nach außen münden. Bei den Neunaugen ist die Niere vornehmlich im hinteren Abschnitte des Rumpfes ausgebildet, im vorderen rudimentär. Die Harnorgane der Haie (Selachier) sind gleichfalls paarige Nieren, an welchen sich zuweilen noch die Wimpertrichter erhalten. Sie münden mit dem Darm in eine Kloake.

Eine solche besitzen auch die Lurchfische. Bei den übrigen Fischen (Ganoiden und Teleostier) stellen die Nieren zwei lappige Organe von rötlicher oder schwarzer Farbe vor, die unter dem Bauchfell hinziehen und der Wirbelsäule oft derart hart anliegen, daß sie in die Vertiefungen der Wirbelkörper hineingedrückt erscheinen. Sie erstrecken sich vom Kopf- bis zum Schwanzende, bilden bei den Fischen mit eingeschnürter Schwimmblase an der Einschnürungsstelle stärkere Verdickungen, bei Salmoniden besonders in der Schlundgegend einen eigenen Kopfnierenteil, welcher den Raum zwischen Schlund und Hinterhaupt vollständig ausfüllt. Auf der inneren Seite der Nieren verlaufen die Harnleiter, die sich in einen gemeinsamen

Gang vereinigen und meistens eine Harnblase bilden, deren Ausführgang stets hinter dem After entweder gemeinsam mit der Geschlechtsöffnung oder auf einer besonderen Papille (P. urogenitalis) hinter der Geschlechtsöffnung nach außen mündet. Die Niere besitzt ein Pfortadersystem, indem ihre zuführenden Gefäße von Ästen der Schwanzvene (Vena caudalis) gebildet werden. Während die Kopfniere der Teleostier zumeist Lymphgewebe enthält und mit der Blutbildung in enger Beziehung steht, dient sie sonst zur Ausscheidung des Harns, welcher bei Fischen nur in geringer Quantität absorbiert wird.

11. Die Fortpflanzungsorgane.

Die Fortpflanzungsorgane (Hoden und Ovarien) der Fische, welche ihrer Entstehung nach wie bei den übrigen Wirbeltieren mit den Exkretionsorganen in enger Beziehung stehen, sind in den meisten Fällen zwei paarige, rechts und links vom Darm unter der Schwimmblase verlaufende Säcke, die vermittels besonderer Bänder des Bauchfells in der Bauchhöhle aufgehängt erscheinen. Eine Ausnahme bilden sogleich die Neunaugen (Cyclostomen), welche ein unpaares bandförmiges Geschlechtsorgan besitzen, das mit einem Gekröse an der Dorsalwand des Körpers direkt ü b e r dem Darm aufgehängt ist. Auch hat dasselbe keinen eigenen Ausführgang; die Geschlechtsprodukte gelangen vielmehr direkt in die Leibeshöhle und von hier durch einen hinter dem After gelegenen Porus genitalis nach außen. Bei den Haien (Selachiern) kommen in der Regel paarige Geschlechtsdrüsen mit paarigen Ausführgängen, die gemeinsam oder getrennt in die Kloake einmünden, zur Entwicklung. In seltenen Fällen (bei den Rochen der Familie Trygonidae und Myliobatidae) wird nur der linke Eierstock ausgebildet. Der hintere Abschnitt des Selachiereileiters (Ovidukt) erfährt eine Erweiterung, in welcher sich bei den lebendig gebärenden Haifischen der Embryo entwickelt und die als „Uterus“ bezeichnet wird. Bei den übrigen Fischen, Schmelzschuppern (Ganoiden), Lurchfischen (Dipnoern) und Knochenfischen (Teleostiern) sind die Fortpflanzungsorgane stark entwickelt.

Im einfachsten Falle gelangen die Eier nach Zerreißung der Ovarialwand in die Leibeshöhle und von hier durch einen hinter dem After befindlichen Genitalporus nach außen, Verhältnisse, wie sie bei den Edelfischen (Salmoniden), Aalen (Muräniden), Hechtlingen (Galaxiiden) u. a. anzutreffen sind. Bei den Lurchfischen (Dipnoern) und den meisten Schmelzschuppern (Ganoiden) dienen, wie bei den Haien, zur Ausführung der Eier zwei kurze Eileiter, die mit je einem offenen Trichter in die Leibeshöhle und mit dem anderen Ende samt dem Harnleiter nach außen münden. Die Eierstöcke der anderen Teleostier sind geschlossene Säcke mit eigenen Ausführgängen,

die als unmittelbare Fortsetzung der Genitaldrüsen erscheinen und nach gegenseitiger Verschmelzung hinter dem After ausmünden. Häufig verschmelzen beide Eierstöcke zu einem einzigen Körper, doch bleiben ihre Höhlen durch eine Scheidewand getrennt (Ammodytes, Anableps); manchmal erscheint jedoch die Verschmelzung eine vollständige, wie z. B. beim Barsch (Perca), Schlangenfisch (Ophidium), bei der Aalmutter (Zoarces) u. a. Die Hoden sind paarige Drüsen, deren Ausführgänge bei den Haien, Stören und Lurchfischen Teile der Urniere darstellen, während sonst eigene Samenleiter (Vasa deferentia) als direkte Fortsetzungen der Hoden fungieren.

Hoden und Eierstöcke sind zur Laichreife von gewaltiger Größe; besonders letztere können so bedeutend entwickelt sein, daß sie 25—30 % des gesamten Körpergewichts betragen. Während beim Hering (Clupea harengus L.) und der Sprotte (Clupea sprattus L.) die Drüsen beider Geschlechter gleich groß sind, macht beim Lachs (Trutta salar L.) der Eierstock 24 %, der Hoden nur 3,3 % des Körpergewichts aus; bei einem Paar Regenbogenforellen (Trutta irridea W. Gibb.) fand Hesse den Eierstock 6,7 %, den Hoden 1,6 % des Körpergewichtes und beim Stichling (Gasterosteus aculeatus L.) den Eierstock 25,6 %, den Hoden 0,57 %.

Die Fische sind im allgemeinen geschlechtlich getrennt, d. h. man unterscheidet Weibchen (Rogner ♀) oder Männchen (Milchner ♂). In einigen Fällen scheinen jedoch einige Arten fast immer hermaphrodit (Zwitter) zu sein. Dazu gehören Vertreter der beiden Familien der Barsche (Percidae) und Brassen (Sargidae). Es sind dies: der Schriftbarsch (Serranus scriba C.), die Goldbrasse (Chrysophrys aurata L.), der Goldstriemen (Box salpa Lin.), die Geißbrasse (Sargus annularis Lin.), die Rotbrasse (Pagellus erythrinus Cuv.), die Marmorbrasse (Pagellus mormyrus Cuv.). Neben dem ständigen Hermaphroditismus tritt ein solcher bei verschiedensten Fischen nur gelegentlich auf; er wurde beobachtet beim Dorsch (Gadus morrhua L.), der Makrele (Scomber scomber Lin.), dem Hering (Clupea harengus L.), der Rutte (Lota vulgaris Cuv.), der Forelle (Trutta fario L.), dem Karpfen (Cyprinus carpio L.) u. a.

Endlich unterscheidet man bei Fischen noch eine dritte Art von Zwittrigkeit. Dieselbe kommt den Schleimaalen (Myxinoiden) zu und besteht darin, daß bei jungen Fischen der hintere Abschnitt der unpaaren Gonade als Hoden funktioniert, während der vordere Teil der Keimdrüse sich dem Wesen nach als Ovar erweist, als solches aber erst später funktioniert. Da die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane in verschiedenen Altersstadien in der Weise in Funktion treten, daß mit dem Erreichen des Reifezustandes des Ovarialanteiles der Hodenabschnitt der Genitaldrüse zu funktionieren aufhört, so liegt hier ein Fall von zeitlich verschiedenem Hermaphroditismus (Proterandrie) vor. Bei den Knochenfischen besteht

der Hermaphroditismus darin, daß in der Wand des Ovars ein abgegrenzter Hoden mit einem selbständigen Ausführgang eingelagert ist, so bei Serranus und Chrysophrys. Bei ersterem soll sogar Selbstbefruchtung stattfinden (C o r i).

Die Mehrzahl der Fische legt Eier. Dieselben entwickeln sich in den häutigen Querwänden des Eierstockes, sind anfangs mikroskopisch klein und bestehen aus Dottersubstanz, Keimbläschen mit Keimfleck und einer zarten Dotterhaut (Membrana vitellina). Mit zunehmender Größe umgeben sie sich mit einer zweiten derben Hülle (Zona radiata), welche von einer großen Anzahl von Poren durchsetzt ist, die eine Wasseraufnahme gestatten. Die Membran enthält außerdem an einem Punkte eine Öffnung (Micropyle), durch welche der Samenfaden bei der Befruchtung in das Innere gelangt. Außer dieser Membran werden in einigen Fällen dem Ei auf seinem Wege nach außen noch weitere Hüllen beigegeben, die ihren Ursprung der drüsigen Wandung der Eileiter verdanken. Solche tertiäre Hüllen sind z. B. die klebrige, im Wasser quellende Gallertschicht mancher Fische (Cypriniden u. a.), sowie die Hornschale der Schleimaal- und Haifischeier. Auch das Eiweiß der letzteren entspricht einer tertiären Hülle. Die Fischeier gehören den sogenannten telolecithalen, polar differenzierten Eiern an, d. h. der Bildungsdotter (Vitellus formativus) wird auf Kosten des Nahrungsdotters (Vitellus nutritivus) stark zurückgedrängt. Dadurch wird der Schwerpunkt stets nach unten verlegt. Die schwerere Kugelhälfte, welche man gewöhnlich wegen ihres größeren Gehaltes an Dottereinschlüssen die v e g e t a t i v e nennt, wird stets nach abwärts, die leichtere Hälfte, welche auch die a n i m a l e heißt, nach oben gekehrt. Letztere enthält zu diesem Zwecke meist einzelne Öltröpfchen oder auch einen größeren Öltropfen, um den mehrere kleine Tröpfchen gelagert sein können.

Die Gestalt der Eier ist in den meisten Fällen die einer Kugel; in einigen Fällen, wie z. B. bei den Rochen, Haien, sind die Eier langgestreckt und mit Fäden zur Befestigung an Wasserpflanzen versehen. Die Farbe der Eier ist weiß, grau, braun, gelb und orangerot. Der Farbstoff der Eier ist eine Art von Lipochrom und findet sich gelöst im Öl des Dotters vor. Ob der Kalkgehalt eines Gewässers auf die Ausbildung des roten Farbstoffes, wie dies vielfach angenommen wird (Kalkreichtum — orangerote Farbe, Kalkarmut — blaßgelbe Farbe) einen Einfluß hat, darüber müssen Untersuchungen entscheiden.

In der Größe differieren die Eier sehr, doch steht dieselbe für jede Fischart fest. Nachstehendes Verzeichnis gibt eine Übersicht der Eigrößen bei den häufigsten Süßwasser- und Seefischen.

Süßwasserfische (nach Hofer):

	im Durchschnitt		im Durchschnitt
Lachs (Trutta salar L.)	5,5—6,0 mm	Barsch (Perca fluviatilis L.)	2,0—2,5 mm
Forelle (Trutta fario L.)	4,0—5,5 „	Kaulkopf (Cottus gobio L.)	2,0 „
Äsche (Thymallus vulgaris N.) . .	3,2—4,0 „	Gründling (Gobio fluviatilis Cuv.) . .	2,0 „
Maräne (Coregonus maraena Bl.) . .	3,2—3,8 „	Stichling (Gasterosteus aculeatus L.)	1,2 „
Blaufelchen (CoregonusWartmanni Bl.)	2,2 „	Zander (Lucioperca sandra Cuv.) . .	1,0—1,5 „
Wels (Silurus glanis L.)	3,0 „	Rutte (Lota vulgaris Cuv.)	1,0 „
Hecht (Esox lucius L.)	2,5—3,0 „	Kaulbarsch (Acerina cernua L.) . . .	0,8—1,0 „

Seefische (nach Ehrenbaum):

	im Durchschnitt		im Durchschnitt
Grauer Knurrhahn (Trigla gurnardus L.)	1,1—1,6 mm	Seezunge (Solea vulgaris Qu.) . .	0,9—1,5 mm
Zwergpetermännchen (Trachinus vipera C. V.)	1,0—1,2 „	Bastardmakrele (Caranx trachurus Lacep.)	0,9 „
Makrele (Scomber scomber L.) . .	1,0—1,3 „	Streifenbarbe (Mullus surmuletus L.)	0,8 „
Petermännchen (Trachinus draco L.) .	0,9—1,1 „	Sardelle (Engraulis encrassicholus L.)	0,7—1,2 „
Steinbutt (Rhombus maximus L.) . .	0,9—1,1 „	Glattbutt (Rhombus laevis R.) . . .	0,1—0,2 „
Wittling (Gadus merlangus L.) . . .	0,9—1,3 „	Aal (Anquilla vulgaris L.) . . .	0,1 „

Vergleicht man beide Tabellen miteinander, so ergibt sich, daß die Seefischeier bedeutend kleiner als jene der Süßwasserfische sind. Eine äußere Unterscheidung der marinen Eier verschiedener Fischarten ist wegen der gleichen Größen oft unmöglich; es muß die Zahl der Ölkugeln, Pigmentierung des Embryos usw. oft zu Hilfe genommen werden. Über das spezifische Gewicht einiger Seefischeier hat Franz Untersuchungen angestellt. Als relativ leicht von Gewicht wurden die Eier von der Seequappe (Motella)

und dem Klippenbarsch (Ctenolabrus rupestris L.) befunden, ziemlich leicht auch die Eier von der Scholle (Pleuronectes platessa L.). Dagegen sind die Eier von der Kliesche (Pleuronectes limanda L.), dem Leierfisch (Callionymus lyra L.) und der Seezunge (Solea) relativ schwer, namentlich in den älteren Stadien. Alle übrigen Arten stehen mehr intermediär. Mit zunehmender Entwicklung werden alle Eier schwerer, da die relative Dottersubstanz des Eies allmählich verbraucht und durch in das Ei hineindiffundierendes Seewasser ersetzt wird. Mit der Größe der Eier steht ihre Zahl in umgekehrtem Verhältnis; je kleiner die Eier, um so mehr werden produziert.

Die Eizahl steht ferner in innigem Zusammenhange mit den Lebensverhältnissen des betreffenden Fisches. Je günstiger die Aussichten für das Aufkommen der Brut, desto geringer die Zahl der Eier. Das gleiche trifft zu, je größer das Ei ist, d. h. je mehr Dottervorrat dasselbe in sich aufgespeichert hat. Daher die Erscheinung, daß z. B. die Edelfische (Salmoniden) bedeutend weniger Eier als die Weißfische (Cyprinoiden) produzieren. Nachstehende Tabelle (nach Hofer) gibt die ungefähre Zahl der Eier einiger Süßwasserfische an:

	pro Pfund des Körpergewichts
Lachs (Trutta salar L.)	500—900 Eier
Forelle (Trutta fario L.)	500—1000 „
Äsche (Thymallus vulgaris N.) .	4000 „
Karpfen (Cyprinus carpio L.) . .	100 000[1]) „
Schleie (Tinca vulgaris Cuv.) . .	300 000 „
Rutte (Lota vulgaris Cuv.) . . .	500 000 „

Die meisten Eier produzieren wohl die Störarten (Acipenseriden), deren Weibchen wohl mehrere Millionen Eier legen (Kaviar!). Auch die häufigsten Nutzfische des Meeres bringen eine ungeheure Zahl von Eiern hervor. So schwankt z. B. bei der Scholle (Pleuronectes platessa L.) die Eizahl zwischen 9000—520 000 (Franz); beim Dorsch (Gadus morrhua L.) wird die Eizahl auf mehrere Millionen geschätzt. Zu jenen Fischen, die am wenigsten Eier produzieren, gehört der Stichling (Gasterosteus aculeatus L.); er legt jährlich 80—100 Stück Eier in ein Nest, das vom Männchen sorgsam behütet wird (s. S.113). Da in diesem Falle die Brutpflege das Aufkommen der meisten Eier sichert, ist die Zahl derselben stark reduziert.

Wie die Eier, so stellen auch die in den Hoden zur Entwicklung kommenden Samenfäden oder Spermatozoen einzelne Zellen vor. Man kann, wie bei den Samenfäden der höheren Wirbeltiere, auch hier drei Teile unterscheiden: den Kopf, das Mittelstück und den Schwanz. Dabei ist die

[1]) Nach Staff 200000 Eier.

Formenmannigfaltigkeit eine große. Die reifen Samenfäden haben meist die Gestalt einer Stecknadel, ein rundes Köpfchen mit feinem, fadenförmigem Schwanze. Zuweilen kann aber das Köpfchen stäbchenförmig oder pfropfenzieherartig ausgezogen sein (s. Fig. 28). Sie sind sehr klein und

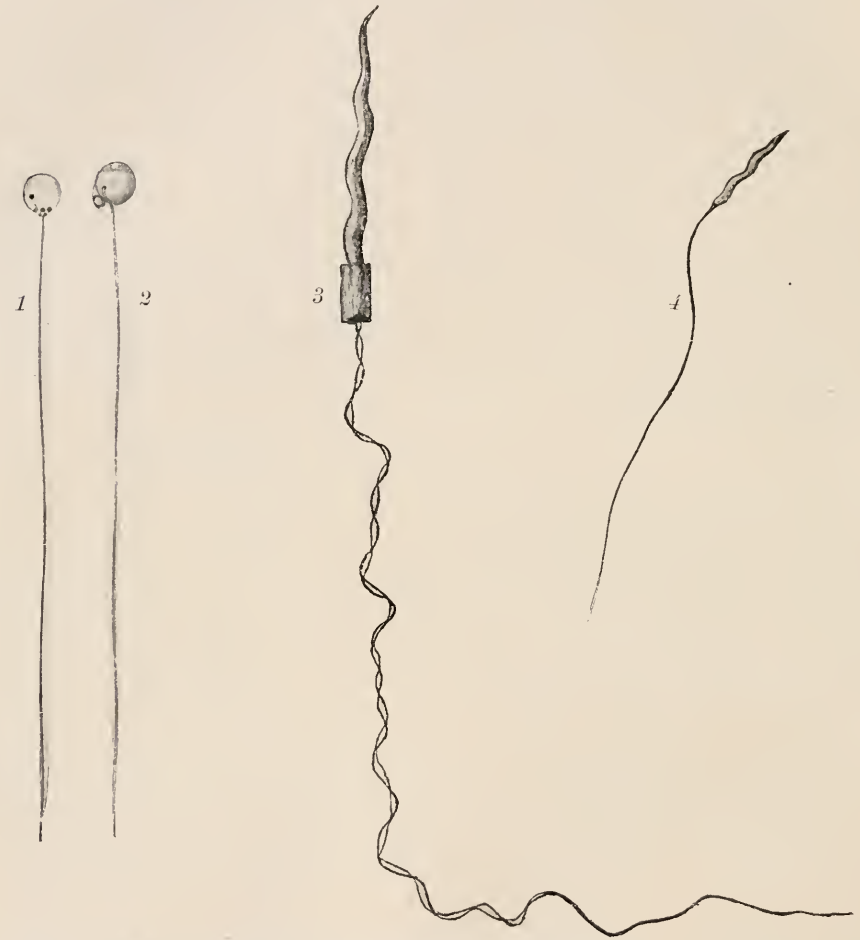

Fig. 28. Spermatozoen einiger Fische: *1* Hecht (Esox), *2* Barsch (Perca), *3* Nagelrochen (Raja clavata), *4* Zitterrochen (Raja marmorata).
(*1* und *2* nach Retzius; *3* und *4* nach Thesing.)

betragen z. B. beim Barsch (Perca) $^2/_{100}$ mm, beim Lachs (Trutta salar L.) nur $^6/_{100}$ mm an Länge. Die Zahl, in der sie produziert werden, übertrifft jene der Eier um sehr Bedeutendes, doch fehlen darüber exakte Aufzeichnungen.

Die Samenfäden sind im Samenleiter vollständig unbeweglich, erst mit dem Momente einer Berührung mit Wasser geraten sie in stark schlängelnde Bewegung, vermittels welcher sie nach vorwärts getrieben werden und in

das Innere des Eies gelangen. Die Lebensfähigkeit der Spermatozoen ist eine begrenzte; sie dauert bei Fischen, die in schnellfließendem Wasser laichen, nur kurze Zeit, bei jenen, die das Laichgeschäft in ruhigem oder stehendem Wasser vollführen, längere Zeit. So gehen die Samenfäden zugrunde bei:

Bachforelle (Trutta fario L.)	nach etwa	23	Sekunden,
Regenbogenforelle (Trutta irridea W. Gibb.) .	„	„	40	„
Lachs (Trutta salar L.)	„	„	45	„
Huchen (Salmo hucho L.)	„	„	45	„
Barbe (Barbus fluviatilis Ag.)	„	„	120	„
Hecht (Esox lucius L.)	„	„	3—4	Minuten,
Karpfen (Cyprinus carpio L.)	„	„	5	„

Diese Erscheinung ist für den praktischen Züchter von größter Wichtigkeit und muß bei der künstlichen Befruchtung entsprechend berücksichtigt werden.

Ist die Mehrzahl der Fische eierlegend, so bringen eine Anzahl derselben lebende Junge zur Welt, sie sind lebendiggebärend. Die Embryonen entwickeln sich im Eileiter, welcher sich während ihres Wachstums sehr stark erweitert und zum „Uterus“ wird. Für gewöhnlich steht nun der Dottersack der Embryonen in keiner wesentlichen Verbindung mit diesem, nur bei zwei Haiarten, Carcharias und Mustelus laevis L., kommt es zur Bildung einer Placenta uterina, indem die Gefäßwände des Dottersackes Falten bilden, welche in jene der Haut des Uterus hineinpassen. Die Dottersackplacenta dient zur Ernährung des Haiembryos. Für die anderen lebendgebärenden Fische, zu denen einige Haie, wie Acanthias, Rhina squatina

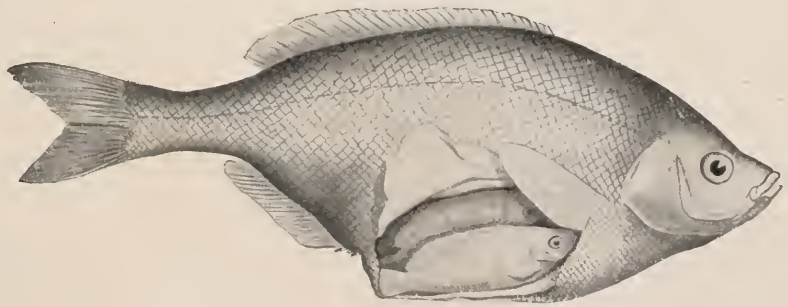

Fig. 29. Ditrema Temmincki Bleecker. Lebendig gebärender Knochenfisch. (Aus Doflein.) Embryonen im Inneren des Eileiters. (Natürliche Länge 18 cm.)

Dum. (Meerengel), Rochen wie Myliobatis aquila Bp. (Adlerroche), und einige Teleostier aus der Familie der Cyprinodonten (Anableps, Poecilia, Glaridichthys u. a.) sowie der Höhlenfisch (Amblyopsis spelaeus D.) und die

Aalmutter (Zoarces viviparus Cuv.) gehören, bildet die Eileitererweiterung in der Hauptsache nur eine schützende Hülle (s. S. 118). Auch die den nordpazifischen Ozean bewohnenden Knochenfische der Familie der Embiotociden sind lebendgebärend (s. Fig. 29).

Bei den genannten Fischen findet die Befruchtung im mütterlichen Organismus statt. Damit im Zusammenhang steht die Entwicklung von Begattungsorganen, welche beim Kopulationsakt entweder in den Eileiter eingeführt werden oder zur Anklammerung der weiblichen Genitalpapille dienen. Bei den Selachiern (Haien) sind es die umgewandelten Bauchflossen, die sogenannten Pterygopodii, welche in die weibliche Kloakenöffnung eingeführt werden und hier das Sperma entleeren. An der Spitze des Begattungsorganes sind besondere Sinnesorgane, manchmal auch bewegliche Dornen vorhanden, die möglicherweise zum Reizen des Weibchens dienen. Unter den Knochenfischen besitzt nur der kleine lebendiggebärende Zahnkarpfen Girardinus einen echten, durch Veränderung der Afterflossen gebildeten Begattungsapparat, das sogenannte Gonopodium. Einige andere Vertreter der Familie der Zahnkarpfen (Cyprinodontidae) besitzen zwar ebenfalls ein Gonopodium, doch ist dasselbe an der Spitze mit einem Klammerapparat ausgestattet, mit welchem die Genitalpapille des Weibchens gefaßt wird. Der verknöcherte äußere Strahl der Afterflosse bildet eine nach unten offene Rinne, die als Leitungskanal für das Sperma dient. Zum Ansatz der Muskulatur des Apparates dienen modifizierte untere Bogen der vorderen Schwanzwirbel, welche an die Basis des Organes herantreten. Bei der Befruchtung wird der Kopulationsstachel nach vorne gelegt, in der Art, wie man ein geschlossenes Taschenmesser aufklappt, wodurch dann die sonst nach unten gerichtete Gleitschiene des Samens nach oben zu liegen kommt. Das Ejakulat enthält nicht einzelne Spermatozoen, sondern „Spermatozeugmen", kleine ellipsoidische Pakete, deren jedes aus zahlreichen Spermatozoen besteht. Die Spermatozeugmen werden wie eine Schrotladung gegen die weibliche Genitalöffnung abgeschossen. Im Ovidukt des Weibchens lösen sie sich dann in Spermatozoen auf und befruchten daselbst die hüllenlosen Eier (P h i l i p p i).

Ähnliche, indes weit primitivere Vorrichtungen, die zum Reizen bzw. Festhalten von Weibchen benutzt werden, kommen übrigens auch einigen eierlegenden Teleostiern zu. Bei manchen Groppen (Cottidae), Panzerwelsen (Loricariidae) und Schmerlen (Cobitidae) besitzen die Männchen an den Bauchflossen einen verdickten Randstrahl, mit Hilfe dessen ein dichtes Anschmiegen an das Weibchen oder dessen Festhalten unterstützt wird. Auch der verdickte erste Strahl der Bauchflossen bei der Schleie (Tinca vulgaris Cuv.) dient wahrscheinlich gleichem Zwecke.

Die Entwicklung der Eier setzt unmittelbar nach der Befruchtung ein, d. h. sobald sich Ei- und Spermakern vereinigt haben. Dann beginnt sich

das Ei in einzelne Zellen zu teilen, zu furchen. Diese Furchung ist je nach der Dotterverteilung bei den verschiedenen Fischeiern eine mannigfache; es können alle Übergänge von totaler zu diskoidaler Furchung vertreten sein. So findet sich bei den Neunaugen (Cyclostomen) eine ausgesprochen inäquale Teilung mit vollständiger Furchenbildung (s. Fig. 30). Bei den Störeiern (Acipenser) ist das Durchschneiden des vegetativen Poles schon schwieriger (*B*). Weit unvollständiger gestaltet sich die Furchung beim

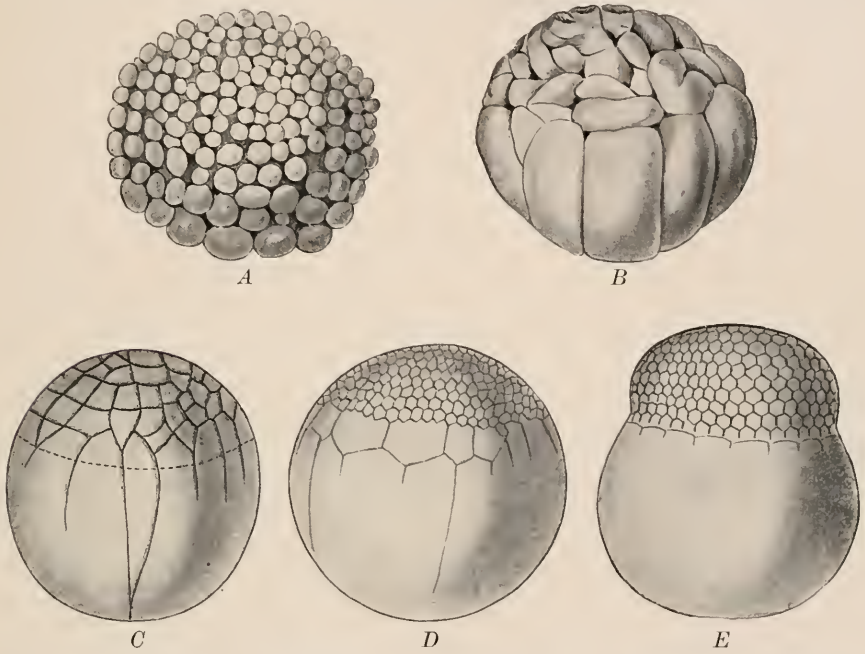

Fig. 30. Gefurchte Eier vom Neunauge (*A*), Stör (*B*), Amia (*C*), Lepidosteus (*D*) und einem Knochenfisch, Crenilabrus (*E*). Verschieden vergrößert. (Aus Hesse.)
(Nach Kupffer, Salensky, Whitman und Eyclesheimer, Balfour und Parker, Kopsch.)

Schlammfisch (Amia, *C*) und ist bei Haien (Selachiern) und Knochenfischen (Teleostiern) nur auf den animalen Pol des Eies beschränkt (*D* und *E*). Auf die Furchung folgt die Keimblätterbildung (Gastrulation), und bald darauf macht sich die erste Anlage des späteren Fischchens in der Keimscheibe in Gestalt eines verlängerten Streifens (Rückenmark) bemerkbar. Es treten in rascher Aufeinanderfolge die schwarzen Augenpunkte, Urwirbel, Muskulatur und das pulsierende Herz auf. Die Bewegungen des Embryos in der Eischale werden immer lebhafter, bis dieselbe gesprengt wird und das junge Fischchen mit seinem Dottersack frei zutage tritt.

Die ganze Entwicklung im Ei bis zum Auskriechen des jungen Fisches (Inkubationsdauer) hängt von der Wassertemperatur ab. Genaueres darüber s. S. 119.

Zum Schlusse dieses Kapitels muß erwähnt werden, daß es auch sterile Fische gibt. Die Sterilität kann eine mehr temporäre oder dauernde sein, doch ist diese Frage noch vollständig ungelöst. Zu sterilen Fischen gehören die Schwebforelle (sterile Form der Seeforelle, Trutta lacustris L.) und die meisten Bastardformen der Fische (s. S. 134). Auch bei Karpfen und Äschen konnte gelegentlich Sterilität konstatiert werden. Dieselbe kann man desgleichen künstlich durch Kastration hervorrufen, was eine starke Fettzunahme bei diesen Individuen zur Folge hat.

II. Die Fische in ihrer Abhängigkeit von den chemisch-physikalischen Bedingungen ihres Wohnraumes.

A. Das Wasser als Lebenselement der Fische.

1. Der Salzgehalt des Wassers.

Herrscher im Wasser ist der Fisch; alles, was dasselbe hervorbringt, ist ihm untertan! Es ist zudem das einzige Element, in dem der Fisch auf die Dauer zu leben vermag. Zu diesem Zwecke hat sich, wie schon aus dem ersten Teile hervorgeht, sein Gesamtorganismus in vortrefflicher Weise an das flüssige Element angepaßt. Die Vielseitigkeit der biologischen Beziehungen aber, in welchen der Fisch zum Wasser steht, veranlaßt uns, dieses auch in bezug auf seine chemisch-physikalischen Verhältnisse etwas näher zu prüfen.

Wir beginnen mit der chemischen Zusammensetzung des Wassers. Dasselbe treffen wir in der freien Natur niemals als „rein" im Sinne des Chemikers vor (destilliertes Wasser); in dieser Eigenschaft würde es vielmehr für alle Lebewesen, also auch die Fische, ein schweres Gift bedeuten. Vielmehr enthält jedes Wasser, das einmal mit dem Boden in Berührung gekommen ist, eine größere oder geringere Menge von Salzen und Gasen in sich gelöst, welche auf das Leben der Fische von großer Bedeutung sind. Was zunächst den Salzgehalt betrifft, so ist gerade dieser einer jener Hauptfaktoren, nach dem wir zwischen Süß- und Meerwasser unterscheiden und die Fische in die großen Gruppen der Süß- und Meerwasserfische einteilen.

Wie wir gleich sehen werden, mit vollem Rechte; denn wir kennen nur sehr wenige Vertreter, welche beide Medien ohne Schaden und Gefahr für ihr Leben ertragen können.

Während das süße Wasser meistens reich an kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk (hartes Wasser) ist, enthält es Kochsalz und kohlensaure Magnesia nur in Spuren (etwa 0,04 ‰). Der wichtigste Bestandteil ist jedenfalls der in ihm gelöste Kalk, den der Fisch indirekt auf dem Wege

der Nahrung (Plankton, Boden- und Uferfauna) aufnimmt und zum Aufbau seines Knochengerüstes verwendet. Im übrigen wechselt im Süßwasser der Gehalt an gelösten Substanzen außerordentlich. Er hängt von der Natur der Gesteine ab, über welche das Wasser strömt; aus dolomitischen Bergen entspringende Gewässer führen viel kohlensaure, aus Talgfelsen sickernde viel schwefelsaure Magnesia, aus Gipsbergen entspringende viel schwefelsauren Kalk mit sich. Auch der jahreszeitliche Gehalt an gelösten organischen Substanzen ist großen Schwankungen unterworfen. Diese rühren her sowohl von der Menge der bei Überschwemmungen herbeigeführten „Verunreinigungen", als auch von der abgestorbenen Flora und von den verendeten niederen Wassertieren. „Im allgemeinen wird sich der Sommer durch eine größere Lösungsfähigkeit für feste Substanzen, der Winter durch eine solche für Gase auszeichnen" (Steuer). Der Gehalt an organischen Substanzen zeichnet das Süßwasser vor dem Meerwasser aus. Er gereicht jenem in den meisten Fällen zum Segen, da auf dem Wege der Selbstreinigung die tote in lebende Substanz umgesetzt wird und wir in dem Fische das letzte Glied in diesem feinen Prozesse der Natur erkennen. Je mehr organische Stoffe das Süßwasser enthält (bei entsprechendem Sauerstoffgehalt), desto „nahrhafter" ist es für Fische. Daher die Erscheinung, daß gerade die sogenannten Dorfteiche, in welche die Jauche der umliegenden Gehöfte strömt, zu den besten Karpfenteichen gerechnet werden müssen. Wie überall, so kann aber auch hier ein Zuviel das Gegenteil bewirken, d. h. ein Sterben eintreten, wenn das Wasser nicht mehr imstande ist, die organische Substanz zu verarbeiten und Schwefelwasserstoff als giftiges Gas auftritt. Solche Fälle gehören in der freien Natur zu großen Seltenheiten (Wasserblüte), werden aber oft künstlich herbeigeführt, wie das traurige Kapitel der Gewässerverunreinigungen täglich lehrt. Leider werden auch schon die Meeresküsten vielfach nicht verschont, wie dies Steuer für die Adria u. a. berichtet.

Im Gegensatz zum Süßwasser enthält das Meerwasser einen Salzgehalt von im Mittel 3,5 % und besteht zu 89 % aus Chlorverbindungen, welche hauptsächlich aus Chlornatrium, Chlormagnesium und schwefelsaurem Magnesium bestehen. Infolge des höheren Salzgehaltes besitzt das Meerwasser auch ein höheres spezifisches Gewicht, das zwischen 1,024 und 1,029 schwankt. Atlantik und Pazifik haben den größten Salzgehalt in den Passatregionen zu beiden Seiten des Äquators, weil hier die stärkste Verdunstung bei hoher Wärme stattfindet. Der Salzgehalt der Nordsee beträgt etwa 3,4 %, jener der westlichen Ostsee 2 %, Mittelmeer 3,5 %. Isolierte Becken, wie das Tote Meer, besitzen einen außerordentlich hohen Salzgehalt (21,7 %), der jedes organische Leben unmöglich macht.

Nach dem Salzgehalt können die Weltmeere in zwei Regionen unterschieden werden:

1. eine Region zwischen den Tropen mit überwiegender Verdunstung und schwererem, salzreicherem Wasser;

2. eine Region der Pole mit überwiegenden Niederschlägen und daher leichterem, salzärmerem Wasser.

Daraus ergeben sich einerseits salzärmere, kühle Strömungen von den Polen zum Äquator, anderseits salzreichere, wärmere Strömungen vom Äquator zu den Polen.

Was die Verteilung des Salzgehaltes in vertikaler Richtung betrifft, so nimmt dieser im allgemeinen nach der Tiefe zu, während das spezifisch leichtere Oberflächenwasser salzärmer ist.

Salzgehalt und spezifisches Gewicht spielen für das Vorkommen der planktonischen Eier vieler Ostseefische, wie Scholle (Pleuronectes platessa L.), Flunder (Pleuronectes flesus L.), Dorsch (Gadus morrhua L.) u. a. eine große Rolle. Die Eier finden sich im allgemeinen nur in stärker salzhaltigem Wasser und fehlen, wie Untersuchungen gezeigt haben, in Wasserschichten unter 10 $^0/_{00}$ Salzgehalt vollständig. Dementsprechend nimmt die Zahl der schwimmenden Fischeier von der salzreichen westlichen Ostsee nach der salzärmeren östlichen beständig ab; in dieser finden sich die Eier nur noch an wenigen tiefen Stellen in den dort angehäuften salzreichen Wasserschichten über dem Boden (S t e u e r).

Außer Süß- und Meerwasser unterscheidet man noch das Brackwasser. Es ist eine Mischung von Süß- und Salzwasser, etwa von $^1/_2$ bis 1 $^0/_{00}$ Salzgehalt. Während an Stellen von stärkeren Strömungen die beiden Wasserqualitäten gut miteinander durchmischt sind, kann an ruhigen Mündungsgebieten eine Schichtung entstehen, indem das schwerere Meerwasser unter das leichtere Süßwasser zu liegen kommt. Gleichwie das Brackwasser unter den niederen Tieren eine Anzahl von Bewohnern aufzuweisen hat, beherbergt es auch unter den Fischen einige Vertreter. Zu ihnen gehören die Scholle (Pleuronectes platessa L.), Seezunge (Solea vulgaris Qu.), Rochen (Rajiden), der Branzin oder Wolfsbarsch (Labrax lupus Cuv.), die Goldbrasse (Chrysophrys aurata Lin.), Meeräsche (Mugil cephalus Cuv.) u. a. All diese Fische sind gegen den Wechsel von Süß- und Salzwasser nicht sehr empfindlich, sie sind e u r y h a l i n.

Dies führt uns zur Frage nach dem Einfluß des Salzgehaltes auf den Fischkörper. Experimente, wobei Süßwasserfische in Meerwasser von verschiedener Konzentration eingesetzt und umgekehrt Meerfische im Süßwasser gehalten wurden, führten zu einem negativen Ergebnis. Nur dem Stichling (Gasterosteus) kommt die Eigenschaft zu, unvermittelt und beliebig oft aus Süß- in Seewasser und umgekehrt versetzt zu werden, ohne daß dieser Fisch Schaden erleidet. Die größere oder geringere Empfindlichkeit aller anderen Fische beruht auf der Verschiedenheit des osmotischen Druckes ihres Blutes gegenüber dem äußeren Medium. Aus Versuchen, die

Sumner, Dakin, Neudörfer u. a. mittels der Beckmann schen Methode, d. h. durch Bestimmung der Gefrierpunktserniedrigung anstellten, ergab sich, daß bei Knochenfischen (Teleostiern) des Süßwassers osmotischer Druck und Salzgehalt des Blutes bedeutend niedriger als bei solchen im Seewasser ist und ersterer bei den verschiedenen Arten von Knochenfischen großen Schwankungen unterliegt. Bei Übertragung von Seefischen in Süßwasser findet durch Endosmose auf dem Wege der Kiemen Eintritt von Wasser in die Gewebe statt, wodurch Lähmung und Tod des Fisches eintritt. Auch konnte umgekehrt der Austritt von Salzen aus den Geweben in das Wasser nachgewiesen werden.

In neuerer Zeit will Kammerer in der Temperaturerhöhung ein Mittel gefunden haben, die Fischkiemen für Salze impermeabel zu machen. Gewöhnt man Kaltwasserfische allmählich an höhere Temperaturen (18 bis 23° C), so soll es möglich sein, eine allmähliche Übertragung derselben ins Seewasser vorzunehmen.

In offensichtlichem Gegensatz zu obigen Ausführungen steht die Tatsache, daß die Wanderfische einen Wechsel der beiden Wassermedien gut ertragen. Wir unterscheiden bekanntlich solche Wanderfische, die aus dem Meere in die Flüsse aufsteigen (potamodrom), und solche, die umgekehrt aus den Flüssen in das Meer wandern (thalassodrom). Zu ersteren gehört der Lachs (Trutta salar L.), der Maifisch (Alosa vulgaris Cuv.), Stör (Acipenser sturio L.) u. a., während die Gruppe der letzteren vom Aal (Anquilla vulgaris L.) repräsentiert wird. Diese Fische müssen maximal euryhalin, d. h. gegen einen Wechsel des Salzgehaltes sehr unempfindlich sein. Sowohl ihre Hautdecke, wie das Epithel ihrer Kiemenblättchen muß nahezu impermeabel sein. Dabei ist zu bedenken, daß die Fische den Wechsel der beiden Wassermedien nicht plötzlich vollziehen, sondern längere Zeit im Brackwasser zubringen, wodurch eine Akklimatisation und damit ein allmählicher Ausgleich des osmotischen Blutdruckes und Salzgehaltes des Blutes stattfindet.

Der Salzgehalt des Wassers ist, wie wir gesehen haben, für das Wohl der Fische von großer Wichtigkeit und spielt für einige physiologische Lebensprozesse, wie Laichen, Wanderung usw., eine große Rolle. Hier sei beispielsweise kurz erwähnt, welch tiefgreifende Folgen nur geringe Unterschiede im Salzgehalt auf das Auftreten oder Ausbleiben des Herings (Clupea harengus L.) an der Küste Schwedens haben kann. Sein Auftreten an dieser ist gebunden an sogenanntes Bankwasser von 32 bis 33 ‰ Salzgehalt. Wird dieses von Westen her verdrängt durch atlantisches Wasser von 35 ‰, so bleibt der Hering aus und die Fischerei liegt darnieder (Weber).

Von anderen Salzen, die für das Meerwasser in Betracht kommen, sind noch die Magnesiumsalze, Kieselsäure und Jodsalze zu erwähnen, während schwefel- und kohlensaurer Kalk vollständig in den Hintergrund treten.

2. Der Gasgehalt des Wassers.

Neben den Salzen bildet der Gasgehalt des Wassers für das Fischleben einen sehr wichtigen Faktor. In erster Linie wohl der Sauerstoff, welcher dem vornehmsten Lebensprozesse, der Atmung, dient. Der Sauerstoffgehalt eines süßen Gewässers ist großen Schwankungen unterworfen. Er richtet sich, vom Luftdrucke abgesehen, wesentlich nach der Temperatur bzw. dem durch die letztere bedingten Lösungsvermögen des Wassers für Sauerstoffgas. So werden beispielsweise bei gleichbleibendem Drucke von 760 mm gelöst bei:

0° C	10,24	ccm	pro	Liter	Wasser,
5° C	8,9	„	„	„	„
10° C	7,9	„	„	„	„
15° C	7,1	„	„	„	„
20° C	6,5	„	„	„	„
25° C	5,9	„	„	„	„
30° C	5,4	„	„	„	„

In stehenden Gewässern, Seen und Teichen ohne nennenswerten Zu- und Abfluß wird eine gewisse Menge des Sauerstoffs auf dem Wege der Diffusion gelöst. Dieser Prozeß geht im allgemeinen nur sehr langsam vor sich, wenn ihn nicht Niederschläge, Wellenschlag und vor allem die grüne Pflanze unterstützen würden. Letztere zerlegt bekanntlich unter dem Einfluß des Lichtes die im eigenen Lebensprozesse ausgeschiedene oder aus anderen Quellen an sie gelangte Kohlensäure, spaltet den Sauerstoff ab und gibt ihn in das umgebende Wasser ab. Wie weit dies gehen kann, lehren uns Versuche Knauthes, die ergeben haben, daß die grünen Pflanzen infolge ihres massenhaften Auftretens den normalen Sauerstoffgehalt am Tage um ein vielfaches vermehren können. Wohl ist zu bemerken, daß diese Sauerstoffvermehrung nur bei massenhaftem Auftreten der Algen (Wasserblüte!) und bei Tage erfolgt, aber keineswegs in der lichtlosen Nacht, da zu dieser Zeit der Assimilationsprozeß vollständig ruht und die Respiration der Pflanzen, also ein Verbrauch an Sauerstoff, allein vor sich geht. Tatsächlich konnte zur Nachtzeit in stillen Gewässern, wie z. B. Dorfteichen, ein erheblicher Rückgang des Sauerstoffs nachgewiesen werden.

Ähnlich sind die Vorgänge, welche sich unter der Eisdecke (also Lichtabschluß!) in Fischteichen abspielen, die um so verderblicher wirken, je geringfügiger der Wasserdurchfluß unter dem Eise und je intensiver die Fäulnisprozesse in dem Schlamme vor sich gehen. Es kommt dann nicht selten zu dem von dem Fischzüchter mit Recht so gefürchteten „Aufstand", welchem große Fischbestände zum Opfer fallen können.

Je lebhafter ein Wasser bewegt ist, desto mehr Luft wird absorbiert, deren Sauerstoff sich in dem Wasser löst. Daher die Erscheinung, daß schäumende Gebirgsbäche und Flüsse mit eingeschalteten Wasserwehren den höchsten Sauerstoffgehalt aufweisen. Dasselbe gilt von Seen mit entsprechenden Zuflüssen. Hier nimmt die Sauerstoffmenge, wie F o r e l für den Genfer See nachweisen konnte, bei entsprechender Tiefe zu, wohl zufolge der niederen Temperatur des Tiefenwassers, bei der die Löslichkeit für den Sauerstoff, wie oben gezeigt wurde, größer ist. Quellen sind bei ihrem Austritt in der Regel sehr sauerstoffarm und können für Fischzuchtzwecke nur nach entsprechend bewirkter Anreicherung mit Sauerstoff verwendet werden. Über das Sauerstoffbedürfnis der Süßwasserfische war schon auf S. 53 die Rede; hier sei nur noch kurz erwähnt, daß bei Temperaturerhöhung auch das Sauerstoffbedürfnis der Fische proportional steigt. So verbraucht z. B.:

		pro Kilogramm Körpergewicht und Tag (24 Std.)
die Forelle	bei 10° C . . .	etwa 100 ccm Sauerstoff,
„ „	„ 15° C . . .	„ 220 „ „
der Karpfen	„ 10° C . . .	„ 10—20 „ „
„ „	„ 15° C . . .	„ 70—80 „ „

Auch der jeweilige Ernährungszustand des Fisches ist für den Sauerstoffverbrauch maßgebend. Ist jener ein reichlicher, dann steigt auch das Sauerstoffbedürfnis (bei Salmoniden 7—8 ccm, bei Cypriniden 4—5 ccm), während im Hungerzustand derselbe weit geringer ist (Salmoniden 3—4 ccm, Karpfen 2 ccm). Für den praktischen Fischzüchter ist die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der Fischgewässer von großer Wichtigkeit. Es empfiehlt sich zu diesem Zwecke die H o f e r - W i n k l e r sche Methode (Erzeugung eines Braunsteinniederschlages durch Mischung von gleichen Mengen von Manganchlorür und jodhaltiger Kalilauge in der zu untersuchenden Wasserprobe, kolorimetrische Bestimmung des Sauerstoffgehaltes nach der H o f e r schen Farbenskala [zu beziehen durch die Firma Wagner & Munz, München, Karlstraße], oder Titration mit Normalnatronlauge).

Was nun den Sauerstoff im Meerwasser betrifft, so zeigt sich auch hier, daß der Sauerstoffgehalt von der Temperatur abhängig ist insoferne, als derselbe in den warmen Meeren geringer ist als in den kalten. Nach übereinstimmenden Beobachtungen der Challenger- und Valdivia-Tiefseeexpeditionen nimmt der Sauerstoffgehalt (Oberfläche etwa 8 ccm) nach der Tiefe zu bis zu einem Minimum (4 ccm bei etwa 300 m) ab, um dann allmählich wieder anzusteigen (5,5 ccm bei 4000 m), ohne jedoch das Oberflächenminimum zu erreichen. Als „Sauerstoffspender" kommen auch hier wieder die Algen, insbesondere die Diatomeen in Betracht, wenigstens so weit diese reichen (bis etwa 300 m Tiefe), während in der Tiefe das Ansteigen des

Sauerstoffgehaltes wohl durch die Vertikalströmungen hervorgerufen wird. Interessant gestalten sich die Verhältnisse im Schwarzen Meere, wo nach Untersuchungen von Lebedinzeff der Sauerstoffgehalt bereits bei 200 m auf Null herabsinkt und das Wasser von hier ab vollständig mit Schwefelwasserstoff vergiftet erscheint, weshalb in diesen Tiefen, abgesehen von anaëroben Bakterien, alles Leben erloschen ist. Damit sind auch die vergeblichen Versuche mit der Einsetzung von Aalen in der Donau und deren Vermehrung im Schwarzen Meere hinreichend erklärt.

In umgekehrter Weise wie der Gehalt an Sauerstoff nimmt jener an absorbierter Kohlensäure gegen die Tiefe zu. An der Oberfläche enthält das Liter Seewasser ungefähr 5 ccm gebundene Kohlensäure, worauf eine allmähliche Zunahme erfolgt, die bei etwa 3000 m Tiefe ungefähr 6 ccm erreicht.

Von größter Wichtigkeit für die Produktivität des Meerwassers ist sein Gehalt an Stickstoff und Stickstoffverbindungen; ohne auf diesen Gegenstand hier näher einzugehen, sei nur erwähnt, daß als Stickstoffproduzenten die sogenannten Salpeter- und Stickstoffbakterien in Betracht kommen. Stickstoffgehalt und Planktonproduktivität stehen miteinander in direktem Verhältnis; je höher der erstere, desto mehr Plankton ist vorhanden. Da nun die Fischfauna zum großen Teile von diesem abhängig ist, so baut sich auch ihre Existenz in letzter Linie auf dem Stickstoffgehalt des Wassers auf.

3. Die Temperatur des Wassers.

Neben Salz- und Gasgehalt hat auch die Temperatur des Wassers einen großen Einfluß auf alle Lebensfunktionen des Fisches. Erreichen doch, wie wir unten sehen werden, dieselben innerhalb einer gewissen Temperaturbreite ihre normale bis höchste Ausbildung, um nach Überschreitung derselben nach der einen oder anderen Seite zu ruhen oder ganz aufzuhören. Die süßen Gewässer unserer mittleren Breiten schwanken in ihren Temperaturen zwischen 0—35° C. Während des Sommers ist z. B. in unseren Seen die Temperatur an der Oberfläche am höchsten; sie nimmt mit der Tiefe ziemlich rasch ab, um schließlich die ungefähre Temperatur von 4° C zu erreichen. Bei dieser Temperatur erreicht das Wasser bekanntlich seine größte Dichtigkeit und spezifische Schwere. Forel hat die allmähliche Temperaturabnahme nach der Tiefe als „rechte Schichtung“ oder „direkte Stratifikation“ bezeichnet im Gegensatz zur „verkehrten Schichtung“, welche sich im Winter einstellt. Hier erreicht bekanntlich die Temperatur an der Oberfläche ihren niedersten Wert (Eisbildung), um dann nach unten zu wieder zuzunehmen, bis sie wiederum jene der größten Dichte erreicht hat (indirekte Stratifikation). Zweimal im Jahre, im Frühjahr und im Herbst, muß ein Zeitpunkt eintreten, zu welchem die Temperatur des ganzen

Sees von der Oberfläche bis zum Grund die gleiche Temperatur von etwa 4° C besitzt, worauf dann die Umdrehung der bisherigen Schichtung erfolgt. Dabei entstehen Konvektionsströmungen, welche man mit dem Namen Zirkulation belegt hat; man unterscheidet eine Frühlings- und eine Herbstzirkulation.

Die Abnahme der Temperatur nach der Tiefe zu erfolgt in vielen Seen in plötzlich großem Intervalle, welches Richter als Sprungschicht oder Thermokline bezeichnet hat. Die Lage derselben wechselt mit der Jahreszeit und variiert in der Gradzahl in den verschiedenen Seen. Die Sprungschicht wird als Grenzschicht der Konvektionsströmungen gedeutet, welche durch die der täglichen Erwärmung folgende nächtliche Abkühlung hervorgerufen werden.

Nach Forel lassen sich die Seen bezüglich ihrer Temperaturen in folgender Weise unterscheiden:

1. tropische Seen, d. h. solche mit steter direkter Wärmeschichtung. Dieselben frieren im Winter nie zu und ihre Temperatur sinkt nicht unter 4° C;

2. polare Seen, deren Wassermasse sich das ganze Jahr in verkehrter Schichtung befindet;

3. temperierte Seen oder Seen vom gemäßigten Typus, die abwechselnd direkte und indirekte Schichtung zeigen, deren Oberflächentemperatur ein Maximum von mehr als 4° und ein Minimum von weniger als 4° aufweist, deren Tiefentemperatur 4° beträgt. Ein derartig temperierter oder gemäßigter See befindet sich somit abwechselnd im Zustande eines polaren und eines tropischen Sees.

In letzte Gruppe lassen sich die meisten der zentraleuropäischen Seen einreihen.

Ähnliche Verhältnisse wie in den Seen finden wir in großen Teichen und tiefen Altwässern der Flüsse, während die Fließwässer selbst ziemlich monotone Verhältnisse aufweisen und nur den regelmäßigen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen unterworfen sind. Dagegen herrschen in vielen Wasserbecken und Gebirgsbächen der Hochalpen auch im Sommer winterliche Verhältnisse, indem die Temperatur eine konstant niedrige ist.

Was nun die Temperaturverhältnisse im Meere betrifft, so gelten hier ähnliche Regeln wie im Süßwasser. Als Mitteltemperatur ergeben sich für den Atlantik 20,7° C, für den Pazifik 20,3° C, für den Indik 23,8° C. In den Polarmeeren schwankt die Temperatur zwischen 0 bis — 2° C, in den Äquatorialgegenden der Ozeane gelten 27° C als Durchschnittswärme; die Temperatur steigt im Indik bis auf 28° C, im Roten Meere sogar bis auf 34,4° C. Wie wir sehen, gehen die höchsten Oberflächentemperaturen nicht über 34° C, die niedrigste beträgt — 3° C, doch sind die Temperaturschwankungen an einer und derselben Örtlichkeit des offenen Meeres natür-

lich außerordentlich viel geringer; sie betragen in der Äquatorialzone nur 2—3°, in höheren Breiten etwa 7—10° C. Diese Differenzen treten auch hier nur in den Oberflächenschichten auf, während in einer Tiefe von 300 bis 400 m die Temperatur des Wassers annähernd konstant bleibt und von hier ab gegen den Meeresgrund zu ganz allmählich bis zu einer Durchschnittstemperatur von 2° C sinkt. Auffallend warm bis in die Tiefe hinab ist das Mittelmeer. Die Erklärung dafür liegt in dem Umstande, daß das vom Pole herströmende kalte Unterwasser des Atlantik durch einen bis gegen 82 m unter den Meeresspiegel sich erhebenden Höhenrücken von Gibraltar vom Mittelmeerbecken abgesperrt wird.

Wie im Süßwasser, so können wir auch im Meere die Erscheinungen einer direkten und verkehrten Schichtung und einer Sprungschicht konstatieren. Eine direkte Schichtung findet sich in den Warmmeeren, dagegen eine indirekte in den Polarmeeren, wo das Oberflächenwasser bis zu einer Tiefe von 150 m Temperaturen unter 0° aufweist und erst dann Schichten folgen, in denen die Temperatur über 0° steigt. Zwischen 300—400 m liegt eine Schicht wärmsten Wassers. Von hier ab erst nimmt die Temperatur ungefähr gleichmäßig ab, um erst in 2000 m Tiefe wieder auf ungefähr 0° abzusinken (nach Steuer). Das Vorkommen der Sprungschicht ist nach Schott nicht auf einen Ozean beschränkt, sondern wurde in allen tropischen Meeren festgestellt; die Schicht liegt stets zwischen 25 und 200 m Tiefe, ihre Dicke beträgt 25—75 m.

Es ist nun sicher, daß die Thermik des Wassers für das Fischleben von größter Bedeutung ist. Für jede Fischart besteht vor allem eine gewisse Normaltemperatur, welche den an sie angepaßten Organismus zu voller Leistungsfähigkeit seiner Organe befähigt. Zu dieser sind zu rechnen Bewegungs- und Freßlust (s. S. 144) sowie das Laichgeschäft der Fische. Die Normaltemperatur der einzelnen Gattungen und Arten ist sehr verschieden; sie bewegt sich in größeren oder geringeren Grenzen, je nachdem die einzelnen Fischarten eury- oder stenotherm sind, d. h. entweder erhebliche Temperaturänderungen (natürlich in sukzessiver Ab- oder Zunahme) ertragen oder nicht. Zu letzteren sind die Fische der Polarmeere sowie der Tiefsee und jene der Tropenmeere zu rechnen, da dieselben gegen geringe Temperaturschwankungen sehr empfindlich sind. Daher die Erscheinung, daß z. B. Tiefseefische, wenn sie das Netz aus dem kalten Tiefenwasser in das warme Oberflächenwasser bringt, abgestorben sind oder sofort absterben. Dafür ein Beispiel. Der „Tile-Fish“ (Lopholatilus) bewohnt das Bodenwasser an der Küste Nordamerikas, wo es noch vom Golfstrom erwärmt ist. Im Jahre 1882 trat nun infolge einer Reihe ungewohnt heftiger Stürme an seine Stelle kaltes arktisches Wasser und tötete Millionen dieses Fisches, deren Leichen Hunderte Quadratmeilen Meeresfläche bedeckten (nach Weber). Neuere Forschungen haben denn auch einen engen Zu-

sammenhang zwischen Temperatur des Meeres und Fischreichtum (Verbreitung) dargetan. Durch Vergleich von systematisch bei den Fischbänken der Lofoten gemessenen Temperaturen mit den daselbst gemachten Fangergebnissen wurde konstatiert, daß mit der Stärke des Golfstromes die Meereswärme steigt und die Fische anscheinend in kühlere Meeresgegenden verdrängt werden. Geringere Kraft des Golfstromes und damit kühlere Meerestemperatur gewährleistet aber bessere und größere Fischernte. Untersuchungen über die Ursachen haben weiter gezeigt, daß bei dem stärkeren Golfstrom die Fische nicht nur in der Zahl geringer, sondern auch nicht so gut ausgewachsen sind; sie sind schlechter ernährt und ihre Fortpflanzungsorgane weniger entwickelt. Anscheinend ernähren sich die Fische am besten von jenen Nahrungsstoffen, die durch die russisch-sibirischen Flüsse dem Polarmeer zugeführt und dann durch die Meeresströmungen zu den Fischbänken getrieben werden. Bei großer Stärke des entgegenströmenden Golfstromes können nun diese nahrungshaltigen Gewässer nicht bis zu den Fischgründen vordringen und den Fischen fehlt die ihnen zusagende Nahrung. Ist die Strömung des Golfstromes dagegen schwächer, so dringen die Wasser aus dem Polarmeer weiter vor, die Temperatur des Wassers sinkt dadurch, aber die Fische erhalten ihre gewohnte reichliche Nahrung. Das Beispiel illustriert in vorzüglicher Weise, in welch engem Zusammenhang Temperatur und Fischreichtum stehen.

Ich sagte oben, daß jede Fischart eine Normaltemperatur besitzt, innerhalb welcher die Lebensprozesse derselben vor sich gehen. Und wie man nun innerhalb dieser Temperaturzone ein Optimum kennt, bei dem die einzelnen Organe im Höhepunkt ihrer Leistungsfähigkeit stehen, so weiß man auch, daß diese Temperaturzone nach oben und unten durch ein vitales Maximum und Minimum begrenzt ist, nach deren Überschreiten die Aktivität eingestellt wird und bei weiterer Steigerung zum Tode des Fisches führt.

So tritt bei den meisten Cypriniden (Weißfischen) und Muraeniden (Aalen) bei einer Temperatur von 4 bis 6° C ein eigenartiger, lethargischer Zustand ein, den man mit Winterschlaf bezeichnet. Die Fische nehmen keine Nahrung zu sich, vergraben sich scharenweise im Schlamm und setzen hier ihre Muskel- und Atemtätigkeit auf ein Minimum herab. Die Herztätigkeit sinkt dabei von 20 oder 30 Schlägen auf 1—2 Schläge in der Minute. In diesem Zustande überdauern sie die kalten Wintermonate und nehmen in dieser Zeit erheblich an Körpergewicht ab (bis 5 %), da sie ihren Stoffwechselbedarf aus aufgespeichertem Fett und der Muskulatur bestreiten. Steigt im Frühjahr die Wassertemperatur wieder allmählich, dann „erwachen" die Fische aus ihrem Zustande und werden wieder „lebendig".

Durch Eintreten von Temperaturen, die tief unter dem Gefrierpunkt

liegen, stehen im allgemeinen die Lebensverrichtungen der Fische bleibend still. Es erfolgt der Tod. Doch sind, zumal aus der fischereilichen Praxis, Fälle bekannt (ebenso nach Versuchen von Pictet), wobei Fische, wie Karpfen, bei einer Kälte von 15 bis 20° vollständig in einen Eisblock eingefroren waren und nach vorsichtigem Auftauen wieder Lebenserscheinungen zeigten und sich vollständig erholten. Dies ist in der Tat möglich, solange das Blut nicht zu Eis erstarrt und die Gewebe durch die darin sich bildenden Eisnadeln zerstört sind. Ein weiteres Haupterfordernis ist, daß der Prozeß des Auftauens in vorsichtiger und langsamer Weise vorgenommen wird. Andernfalls liefert der schmelzende Zellsaft destilliertes Wasser, das als Gift auf das Protoplasma wirkt und einen Wiederbeginn der Lebenstätigkeit nach dem Auftauen unmöglich macht.

Dem Winterschlaf entspricht in tropischen Gegenden, wo die Erwärmung des Wassers oft einen hohen Grad erreicht oder gänzliche Austrocknung erfolgt, der Sommerschlaf der Fische. Auch hier vergraben sich die Fische in den Schlamm und verfallen unter der erhärteten Kruste des Bodens in Erstarrung, wobei die Atmung ganz eingestellt werden kann. Solange der Schlamm noch eine breiige Masse bildet, kommen die Fische an die Oberfläche und bedienen sich der Luftatmung. Zu diesen Fischen gehören einige Welsarten (Siluriden), Blätterfische (Ophiocephaliden) und Labyrinthfische (Labyrinthici). Letztere pflegen bei hoher Wassertemperatur an der Wasseroberfläche zu schweben oder sich im Blättergewirr einzurollen, worauf jede Bewegung, selbst jene der Atmung, vollkommen eingestellt wird. Dieser lethargische Zustand wurde in neuerer Zeit öfters verkannt und als richtiger Schlaf (als Ermüdungszustand) gedeutet. Wohl am bekanntesten ist der Sommerschlaf der Lurchfische (Dipnoer). Bei Eintritt der Dürre bauen sich diese Fische aus Schleim und Schlamm eine feste Kapsel (Hibernakulum), in der sie zusammengerollt die Trockenzeit überdauern (s. Fig. 31). Werden die äußeren Bedingungen wieder günstig, treten anhaltende Regengüsse ein, dann lösen sich die Schlammkapseln im Wasser auf, die Tiere erwachen aus ihrer Erstarrung und gehen wieder zur normalen Wasseratmung über. — Kommt die Eigenschaft eines Sommerschlafs wohl hauptsächlich tropischen Fischen zu (Panzerwelse, Galaxias), so kann man dieselbe auch bei einigen Süßwasserfischen, wie Schleien (Tinca) und Schmerlen (Acanthopsiden) beobachten. So bohren sich erstere bei großer Hitze in den Schlamm, legen sich auf die Seite und verfallen in eine Lethargie, die man mit dem Ausdrucke „Wärmestarre“ belegt hat.

Ähnliches berichtet Antipa vom Schlammpeizger (Cobitis fossilis L.) im Inundationsgebiete der unteren Donau. „Er“ (der Fisch) „lebt nämlich in alten Pfützen, welche gleich nach der Inundation austrocknen, und zwar trocknen manche so stark, daß man auf ihrem Grunde mit dem Wagen fahren kann. Man hat nun öfters, unter derartigen Fahrwegen grabend,

in dem Schlamm Cobitis fossilis gefunden, und zwar auch in solchen Orten, welche sogar während eines Jahres nicht überschwemmt waren."

Die meisten tropischen und subtropischen Fische sind befähigt, hohe Temperaturen, die 30° C überschreiten, ohne Schaden auszuhalten. Es sind richtige Warmwasserfische, die von Aquarienliebhabern sehr geschätzt und in geheizten Aquarien gehalten werden. Ja, es sind Fischarten bekannt

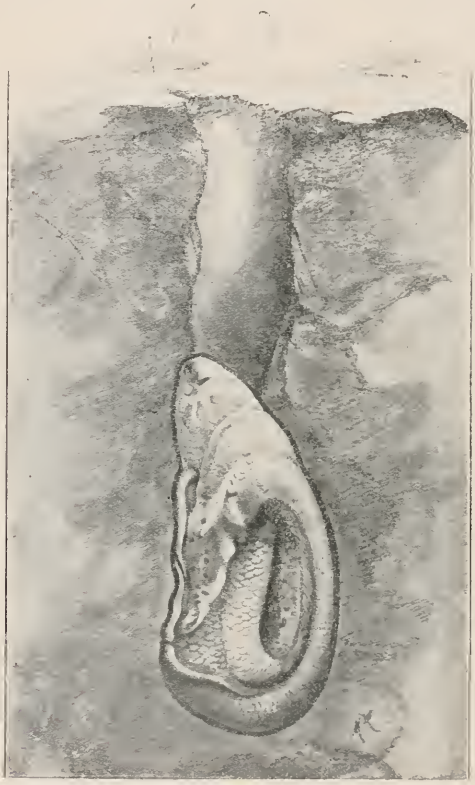

Fig. 31. Lurchfisch, Sommerschlaf haltend. (Nach Hesse.)

geworden, die zu den Bewohnern heißer Quellen zählen. So berichtet Lacépède, daß der Fisch Sparus Desfontainii in den heißen Quellen von Tunis bei einer Temperatur von 37,5° C lebt; ähnliches übermittelt Pellet von Poecilia dovii Tr. Desgleichen will der Schweizer Gelehrte de Saussure in den heißen Quellen von Aix (45° C) lebende Aale beobachtet haben[1]).

Nach all diesen Betrachtungen kann man sagen, daß die thermischen Grenzen für das Leben der Fische innerhalb einer großen Temperaturbreite liegen und erheblich gesteigert werden können, wenn genügend Zeit zu

[1]) Auch unsere Weißfischarten können bei allmählicher Temperatursteigerung Temperaturen von 31—35° C für kurze Zeit aushalten, Salmoniden sterben dagegen schon bei 20—28° C ab.

einer Anpassung gelassen wird. Dagegen werden plötzliche, künstlich herbeigeführte Temperaturschwankungen gar nicht oder nur mit schweren Schädigungen des Organismus ertragen und führen dann zu den sogenannten Erkältungskrankheiten der Fische. In der freien Natur kommen selbst in flachen Gewässern rapide Temperaturschwankungen nicht vor, da selbst bei starker Luftabkühlung geraume Zeit vergeht, bis sich diese dem Wasser mitteilt; und selbst dann vollzieht sich dieser Prozeß stets in allmählicher Weise, so daß sich der Fisch der Temperaturabnahme leicht anpassen kann.

4. Tiefe, Druck- und Lichtverhältnisse im Wasser.

Biologisch von großer Bedeutung für das Leben der Fische sind ferner die Tiefe und die Lichtverhältnisse der Gewässer. Zwischen Oberflächengröße und Tiefe besteht zwar keine Wechselbeziehung — der etwa 614 qkm große Balatonsee in Ungarn besitzt z. B. nur eine Maximaltiefe von 9 m —, doch haben im großen und ganzen die meisten Wasseransammlungen, die wir „See" nennen, eine beträchtliche Tiefe. Im nachfolgenden seien die Maximaltiefen einiger bekannten mitteleuropäischen Seen angeführt: Bodensee 252 m, Comer See 409 m, Königssee 188 m, Starnberger See 114 m, Millstätter See 140 m, Gardasee 350 m. Bedeutend größere Tiefen als im Süßwasser finden wir indes in den Meeren; dieselben können daselbst einige tausend Meter betragen. Die größte bisher gelotete Tiefe befindet sich im Pazifik, die sogenannte Nerotiefe in der Nähe der Insel Guam mit 9636 m.

Fragen wir nun nach den physikalischen Verhältnissen dieser Wassertiefen, dann müssen wir sogleich an den gewaltigen Druck denken, der daselbst herrscht. Bekanntlich beträgt der Druck, unter dem die Oberfläche der Seen und Meere steht, eine Atmosphäre und nimmt mit je 10 m nach der Tiefe um je eine Atmosphäre zu. In tieferen Meeren beträgt derselbe daher Hunderte von Atmosphären, und dennoch sind die Tiefseefische imstande, daselbst ohne Schaden zu leben. Das erklärt sich nur dadurch, daß dieselben in ihren Geweben Wasser aufnehmen und Gase derart verdichten, daß Druck und Gegendruck sich überall ausgleichen. Bringt man z. B. einen Tiefseefisch unter geringen Druck, dann entweicht ein Teil des in den Gefäßen enthaltenen Wassers, die im Blut gelösten Gase werden frei und treten in die Gefäße, was den sofortigen Tod des Fisches zur Folge hat. Über die Erscheinungen der „Trommelsucht" war schon auf S. 62 die Rede.

Dagegen sei an dieser Stelle eine eigenartige Beziehung, die zwischen Wasservolumen bzw. -tiefe und Körperwachstum konstatiert und zuerst von S e m p e r bei der Schnecke Lymnaeus stagnalis nachgewiesen wurde, kurz erwähnt. Es zeigte sich nämlich, daß Fische derselben Art in größeren Flüssen und Seen größer werden als in Bächen und Teichen, und zwar unter sonst gleichen Bedingungen, namentlich in Beziehung auf Zufuhr der Nah-

rung. Das Verhältnis tritt bei Hechten und Forellen sehr deutlich hervor. Während der Teichhecht im Durchschnitt ein Gewicht von 2 bis 4 kg erreicht, kann er in Seen bis 30 kg schwer werden. Ähnliche Größenunterschiede lassen sich bei Teich-, Fluß- und Seesalmoniden nachweisen. Schon Hoffbauer konnte an in Aquarien gehaltenen Karpfensetzlingen den Beweis führen, daß Wasservolumen und Besatzzahl von großem Einfluß auf das Wachstum der Versuchsfische seien. Analoge Resultate wurden an Salmonidensetzlingen erzielt, die in der Fischzuchtanstalt Mühltal in Bayern zwar unter gleichen Bedingungen (gleiche Fischzahl, gleiches Futter, dasselbe Atemwasser), aber in verschieden tiefen Teichen gezogen wurden. Bei der Abfischung zeigte sich nämlich, daß die in einem 30—50 cm tiefen Teiche gezogenen Forellen um etwa 20 % kleiner blieben, als die in einem gleich großen, aber etwa $1^1/_2$ m tiefen Teiche gezogenen Versuchsfische. Über die eigentliche Ursache, welche diesen Einfluß erklärlich macht, ist bis jetzt nichts Sicheres bekannt.

Von großer Bedeutung auf die Ökologie (Vorkommen, örtliche Verbreitung) der Fische sind die Lichtverhältnisse im Wasser. Während die Sichttiefe in den Süßwasserseen im allgemeinen eine geringe ist (sie beträgt im Bodensee 10,72 m, Starnberger See 11 m, Genfer See 20,4 m, Millstätter See 30 m), sind die Werte im Meere, inbesondere jene in der Hochsee der wärmeren Zone bedeutend höher. Mit ungefähr 50 m dürfte nach Steuer das überhaupt erreichbare Maximum der Sichttiefe gegeben sein. Der Grund für die verschiedene Durchsichtigkeit des Wassers ist die Trübung desselben durch schwebende Materie (mineralischen wie organischen Ursprungs). Je mehr das Wasser durch dieselben getrübt ist, um so rascher verschwinden die Lichtstrahlen. Forel, der bekannte Schweizer Seenforscher, bezeichnet diesen der Absorption parallel laufenden Vorgang als Okkultation. Die im Wasser schwebende Materie bewirkt nämlich eine Abschwächung des eindringenden Lichtes, indem jedes Schwebeteilchen als Schirm gegen das Licht wirkt. Je mehr Schwebeteile, desto dichter der Schirm, und um so weniger tief vermag das Licht einzudringen. Als weitere Faktoren kommen für die Transparenz die Beleuchtung, Farbe und Temperatur in Betracht. Auch ist sie im Winter eine größere als im Sommer.

Eine weitere Frage, welche biologisch hervorrragende Wichtigkeit besitzt, ist die nach der Intensität der Lichtstrahlen, insoferne sie nämlich für den Assimilationsprozeß des Phytoplanktons noch in Betracht kommen. Untersuchungen haben gezeigt, daß das Vorkommen der pflanzlichen Schwebeorganismen auf die „Zweihundertfadenleine", das sind ungefähr 400 m Tiefe, beschränkt erscheint. Da sich unterhalb dieser Grenze keine oder nur wenige vom Licht unabhängige Phytoplanktonten vorfinden, so nimmt man in neuerer Zeit als Grenze der Lichtintensität etwa 400 m Tiefe an. Natürlich ist die Intensität der verschiedenfarbigen Strahlen auch eine

verschiedene. So konnte Helland-Hansen nachweisen, daß südlich von den Azoren in einer Tiefe von 100 m die roten Strahlen die versenkte photographische Platte nur mehr schwach angriffen, während die blauen und violetten dagegen am kräftigsten wirkten. „In 500 m Tiefe waren die Strahlen des blauvioletten Teiles des Spektrums noch deutlich sichtbar, und bei 1000 m konnten die violetten und ultravioletten Strahlen noch wahrgenommen werden. Bei 1700 m war aber nicht mehr die geringste Spur von Licht, selbst nachdem die Platten zwei Stunden lang in vollem Tageslicht exponiert gewesen waren" (Hjort).

In bezug auf das Quantum an lebender organischer Substanz lassen sich mit Chun die Wasserschichten in drei Etagen einteilen. Die oberste, genannt die euphotische Region, erstreckt sich bis etwa 80 m Tiefe hinab und zeichnet sich dadurch aus, daß in ihr das Phytoplankton stark entwickelt ist und einem regen Assimilationsprozeß unterliegt. Die zweite oder dysphotische Region reicht von 80 bis 350 (400) m und enthält nur wenige pflanzliche Organismen (meistens Kieselalgen), die unabhängig von den dort herrschenden Temperaturen ihr Dasein fristen. Auch machen sie auf Lichtverhältnisse keinen besonderen Anspruch und werden daher auch als „Schattenflora" (nach Schimper) bezeichnet. Endlich die dritte oder aphotische Region, die keinen pflanzlichen Organismus mehr enthält.

Wie schon erwähnt, können wir mit etwa 400 m Tiefe die obere Grenze für die eigentliche Tiefsee annehmen. Natürlich verschiebt sie sich, wie Brauer sagt, z. B. in den polaren Gegenden nach den Jahreszeiten, in den übrigen nach den Tageszeiten, zweitens leben viele Formen in ihren Jugendstadien in den Oberflächenschichten, und drittens reicht für viele das Verbreitungsgebiet bis in höhere Schichten hinauf. —

Mit dieser Betrachtung habe ich kurz einige Faktoren berührt, welche ökologisch für den Fisch von eingreifendstem Einfluß sind.

B. Die Anpassungserscheinungen der Fische.

Es ist im Rahmen dieser Zeilen ganz unmöglich, auf all die Anpassungserscheinungen, welche durch die Verschiedenheit der örtlichen Existenzbedingungen sich bei den Fischen herausgebildet haben, näher einzugehen, ich möchte nur die wichtigsten Punkte hervorheben.

Wie wir bei der Besprechung des Salzgehaltes gesehen haben, ergibt sich von selbst eine Scheidung der Fische in Süß-, Brack- und Meerwasserbewohner. Selbst feinere Abstufungen im Salzgehalte sind,

wie oben erwähnt, für die Verbreitung der einzelnen Arten von großer Wichtigkeit. Ähnliches gilt auch von der Temperatur, der Tiefe bzw. dem Drucke und den Lichtverhältnissen der Gewässer. So hat man (zumal in der fischereilichen Praxis) die Flüsse und Seen nach verschiedenen Regionen eingeteilt, für welche insbesondere die Tiefe und Temperatur des Wassers, aber auch die Beschaffenheit des Grundes und die Stärke der Strömung maßgebend gewesen sind, und für jede Region einen „Leitfisch" aufgestellt, welcher unter den gegebenen Verhältnissen unter der übrigen Fischfauna dominiert. Man spricht z. B. von Regionen der Bachforelle, der Äsche, der Barbe und des Brachsens in fließenden Gewässern und scheidet die Binnenseen in solche der Bachforelle, Seeforelle, in Saiblings-, Coregonen-, Zander-, Brachsen- und Karauschenseen. Jeder See enthält ferner eine Fischfauna, die teils auf die Uferzone, teils auf das freie Wasser oder den Bodengrund verteilt erscheint. So ist, wie L a m p e r t ausführt, die Uferzone eines großen Seebeckens für die Schar der Uferfische (litorale Fische) von großer Bedeutung, hauptsächlich wenn die Beschaffenheit der Ufer reichen Pflanzenwuchs ermöglicht (sogenannte Krautseen). Hier halten sich wenigstens im Sommer eine größere Anzahl von Fischen auf. Wir treffen hier besonders häufig die verschiedenen Cyprinidenarten, die den Schlamm gerne aufwühlen oder im dichten Pflanzengewirr des Ufers stehen. Auch Barsch und Hecht lauern hier auf Beute. Desgleichen finden wir als ständigen Uferbewohner den Koppen (Cottus gobio L.), welcher sich zwischen Steinen versteckt hält. Die Uferzone eines Sees, auch Schar genannt, mit ihren oft ausgedehnten untergetauchten Pflanzenbeständen (Laichkraut, Hornkraut, Tausendblatt usw.) ist der Lieblingsaufenthalt der Fische; hier finden sie reiche Nahrung und hier setzen sie auch ihren Laich ab.

An die Uferregion schließt eine Tiefenregion an, die nach F o r e l charakterisiert ist durch den Mangel an Pflanzen. Sie ist bewohnt von pelagischen Fischen, die wir dem Nekton (zum Unterschied von Plankton) zuzählen. Es sind eigentlich nur wenige Arten, die wir als ständige Bewohner der freien Seefläche und -tiefe betrachten können. Vor allen sind hier die als Speisefische hochgeschätzten Coregonen zu nennen; die Felchen des Bodensees, die Renken der bayrischen Seen, die „Rheinanken" des Traunsees, die Maränen der norddeutschen Seen sind ausgesprochen pelagisch-nektonische Formen. Sie gehen nie ans Ufer und halten sich stets im freien Wasser des Sees auf, wo sie sich von planktonischen Krustern ernähren (s. S. 140). Als typische Tiefseeformen sind besonders zwei Arten zu nennen: der Tiefseesaibling (Kümmerform des Seesaiblings, Salmo salvelinus L.) und der Kilch (Coregonus hiemalis Jur.), beide ausgezeichnet durch den Besitz von großen Augen als Anpassungserscheinung an die Tiefsee (s. S. 33). Als dritte Kategorie von Fischen kommen schließlich jene in Betracht, die auf dem Untergrund der Seen leben, sogenannte benthonische Formen.

Hierher gehören insbesondere der Wels (Silurus glanis L.), wohl der größte aller deutschen Süßwasserfische, und die Rutte (Lota vulgaris Cuv.). Beide Fische besitzen als Nachttiere kleine, verkümmerte Augen, die wohl meist außer Funktion sind, dafür aber zur Orientierung stark ausgebildete Tastorgane (Barteln). Neben diesen ausgesprochenen benthonischen Formen suchen natürlich auch pelagische Fische und jene des Ufers vorübergehend den Seegrund auf, kehren aber bald wieder in ihre eigentliche Domäne zurück.

Wie die Süßwasserfische, so unterscheidet man auch die Meeresfische nach ihrem Aufenthalte als K ü s t e n f i s c h e, p e l a g i s c h e F i s c h e und T i e f s e e f i s c h e. Betrachten wir zunächst die Küstenbewohner. Als eigentliche Küstenregion oder Litoralgebiet des Meeres bezeichnen wir das Gebiet zwischen Flachsee (Ebbezone) bis etwa 200 m Tiefe. Der Boden ist bedeckt mit litoralen Ablagerungen, wie Gestein, Kies und Sand. Ferner ist die Region, wenigstens in den oberen Schichten, gut durchlichtet (euphotische Region) und daher mit entsprechender Vegetation (Zosterawiesen der Flachsee, Sargassum usw.) ausgestattet. Sie steht unter dem Einfluß meteorologischer Erscheinungen und weist dementsprechend Temperaturschwankungen sowie tägliche und jahreszeitliche Schwankung der Belichtung und Strömungen auf; desgleichen schwankt der Salzgehalt unter dem Einfluß der Flüsse. Insbesondere in den oberen Lagen der Küstenregion, die wir als Strand bezeichnen, sind die daselbst anzutreffenden Fische daher eurytherm und euryhalin, lichtliebend und vielfach an Pflanzenkost gebunden. Sie sind mit einer kräftigen Schwimmuskulatur ausgestattet und häufig zum Schutz gegen Wellenschlag mit Saugscheiben zum Anheften an Steinen u. dgl. versehen (W e b e r).

An die litorale Region grenzt die s u b l i t o r a l e. Sie bildet den Übergang zur Tiefsee und weist vielfach schon die Verhältnisse derselben auf.

Die Küstenfische halten sich in der Nähe des Landes auf oder auf Bänken in seichter See und steigen nur selten tiefer als 600 m hinab. Die Mehrzahl ihrer Arten lebt nahe der Oberfläche. Nach G ü n t h e r unterscheidet man gegen 70 Hauptgruppen von Uferfischen mit etwa 3600 Arten. Die einzelnen Arten sind nicht sehr weit verbreitet; sie haben ein beschränktes Wohngebiet, da sie keine großen Wanderungen vollführen. Ihre Verbreitung wird, wie G ü n t h e r ausführt, nicht nur durch die Temperatur des Oberflächenwassers, sondern auch durch die Beschaffenheit des anliegenden Landes und dessen tierische und pflanzliche Produkte bestimmt. Einige dieser Fische sind auf flache Küsten mit weichem oder sandigem Grunde beschränkt, andere leben auf felsigen und zerrissenen Küsten, wieder andere an Korallenbildungen. Zu eigentlichen Strandfischen gehören einige Schellfischarten (Gadiden), ferner die Brassen (Sparus, Sargus, Chrysophrys), Lippfische (Labriden), Meeräschen (Mugiliden), Ährenfische (Atheriniden)

und andere. Als Grundfische der Küstenregion (Flachsee) sind nach Cori der Drachenkopf (Scorpaena), verschiedene Arten der Meergrundel (Gobius), die Schleimfische (Blenniiden), die Meerquappe (Motella), das Petermännchen (Trachinus) und vor allem die Plattfische (Pleuronektiden) zu nennen. Diese Fische liegen fast ständig im Sande am Grunde und spähen nach Beute aus. Mit ihrem Kolorit erscheinen sie vortrefflich an die Umgebung angepaßt (s. S. 147). Eine eigene Fischfauna beherbergt ferner die Felsenküste. Da sie einem steten Anprall der Wogen ausgesetzt ist, sind ihre Bewohner zum großen Teile mit Haftorganen ausgerüstet. Hierher gehören die verschiedenen Arten der Meergrundeln (Gobiiden), ferner der Lumpfisch (Cyclopterus), der rotgefärbte Ansauger (Lepadogaster) u. a. Zwischen den Felsen, in den submarinen Felsrinnen, leben ferner der Wolfsbarsch (Labrax), Schriftbarsch (Serranus) und die Zahnbrasse (Dentex). Endlich müssen zu den Küstenfischen noch die Büschelkiemer gezählt werden, unter denen das Seepferdchen (Hippocampus), die Seenadel (Syngnathus), der Fetzenfisch (Phyllopteryx) zeitweise eine sitzende Lebensweise führen, indem sie sich mit ihrem Greifschwanze an Seegrashalmen, Algenbüscheln u. a. verankern.

Wir wenden uns nunmehr der Betrachtung der pelagischen Fische zu. Als Pelagial bezeichnet man das offene Meer bis zu einer Tiefe von 400 m; daher nennt man pelagische Fische solche, welche die Oberfläche und die obersten Schichten des Meeres bis zu jener Tiefe bewohnen. Statt pelagische Fische ist auch der Name Hochseefische gebräuchlich. Sie sind ausgezeichnete Schwimmer, meistens von großer Ausdauer, die sie befähigt, ihren Weg wochenlang fortzusetzen, ohne das Bedürfnis nach Ruhe zu haben. Als Bewohner des offenen Meeres nähern sie sich nur auf ihrer Nahrungssuche der Küste oder suchen dieselbe periodisch zu Laichzwecken auf. In bezug auf ihre Verbreitung sind sie in vielen Fällen von der Temperatur und dem Lichte des Oberflächenwassers abhängig; einige Arten sollen nur nachts an die Oberfläche steigen und sich während des Tages in größeren Tiefen aufhalten. Besonders den jungen Fischen (Larven) kommt nach Loeb diese Eigenschaft der Phototaxis zu. Loeb hat bekanntlich als erster die Anschauung aufgestellt, daß die sogenannten Richtungsbewegungen oder Tropismen, d. h. die bei sehr vielen Tieren und Pflanzen zur Beobachtung gelangenden Bewegungen der Organismen, die entweder nach der Reizquelle hin oder von ihr weg erfolgen, ganz gleicher Art seien. In Verfolgung seiner Anschauungen über den Heliotropismus, d. h. die durch Lichtreize hervorgerufenen Tropismen, kam dann Loeb zur Vermutung, daß die phototaktischen (oder heliotropischen) Bewegungen, die man im Laboratorium bei Krebstieren und Fischlarven beobachtet, identisch seien mit der tageszeitlichen Auf- und Abwanderung der Planktontiere. Dieser Anschauung widerspricht in neuerer

Zeit Franz auf Grund von an Fischen und deren Larven angestellten Versuchen und deutet die Phototaxis als einen durch Anpassung erworbenen Fluchtreflex des Freilebens, indem ungünstige Lebensbedingungen geflohen und geeignete Aufenthaltsorte aufgesucht werden. Bei diesen Fluchtreflexen spielen nun die Lichtverhältnisse im Wasser als wichtige Wegweiser eine große Rolle und dirigieren auch die Fluchtreflexe der Tiere im Laboratorium. Die Phototaxis, wie sie im Laboratorium zur Beobachtung kommt, sei ein Kunstprodukt.

Den pelagischen Fischen gehört eine große Anzahl weitverbreiteter Arten an. Die größten Meeresfische, die Haie (Rhinodon, Selache, Carcharodon u. a.) sind hierher zu rechnen, ferner die oft in Gesellschaften auftretenden Thunfische (Thynnus), Schwertfische (Xiphiiden), Makrelen (Skombriden) u. a. Im weiteren sind an dieser Stelle die volkswirtschaftlich wichtigen Fische zu nennen, nämlich die schwarmbildenden Heringsarten (Clupeiden), von denen der Hering (Clupea harengus L.), die Sprotte (Clupea sprattus L.), die Sardine (Clupea pilchardus W.), die Sardelle (Engraulis encrasicholus L.) und der Maifisch (Clupea alosa L.) die wichtigsten Vertreter sind. Außerdem werden als echt pelagische Formen angesehen der Mondfisch (Orthagoriscus mola Bl. Schn.), der Schiffshalter (Echeneis remora L.), der Flughahn (Dactylopterus volitans L.), der Fregattenfisch (Trachypterus taenia Bl.) u. a.

An das Pelagial grenzt nach unten die Tiefsee, das Bathybial, welches im Mittel 3680 m tief ist, aber eine Tiefe von 9636 m erreichen kann (Nerotiefe bei Guam). Über die chemisch-physikalischen Verhältnisse der Tiefsee war schon oben die Rede. Es sei noch kurz wiederholt, daß hier jegliche Einflüsse der Jahreszeiten, der Winde und der Temperatur fehlen; letztere ist eine sehr niedrige und fällt, wie schon erwähnt, an manchen Orten bis zu 2° C. Da sie eine konstant niedrige ist, erklärt sich, daß die hier lebenden Tiefseefische auch stenotherm sind, d. h. Wärmeschwankungen nur schlecht ertragen können. Mit Beziehung auf den ungeheuren Druck, unter welchem sie leben, ist ihr Knochen- und Muskelsystem im Vergleiche zu dem der Oberflächenfische sehr schwach entwickelt. Weitere Anpassungen sind die Entwicklung großer Augen, zumal der Teleskopaugen (s. S. 33), Rückbildung der Augen bis zu fast vollständiger Blindheit (bei Benthobatis, Gigantactis, Aphyonus, Barathronus) und der Besitz von Leuchtorganen. Wiewohl allgemein angenommen wird, daß unter 400 m kein Licht mehr eindringt, die aphotische Region beginnt, so muß das Licht noch stark genug sein, um ein Sehen in allen Tiefen zu ermöglichen, da sonst die Tatsache, daß die größte Zahl der Organismen wohlentwickelte Augen besitzt, nur ein sehr kleiner Prozentsatz blind ist, unverständlich ist (Brauer). Das gilt besonders für die wohlausgebildeten Augen der bleibend in der Tiefsee lebenden Fische. Der Bau ihrer Netzhaut

gleicht, wie wir oben gesehen haben, durch Fehlen der Zapfen und Dunkelstellung ihres Pigments dem Auge der Nachttiere. „Obwohl bei ihnen die Bildschärfe zugunsten der Lichtintensität herabgesetzt ist, sehen sie vermutlich mehr als nur die Bewegung anderer Organismen, die sie etwa mit eigenem Leuchtorgan beleuchten, oder als die Leuchtorgane der letzteren, wenn wir annehmen, daß in der Tiefsee nicht Lichtmangel, sondern nur Lichtarmut herrscht" (W e b e r). Was die Leuchtorgane betrifft, so sind nach der Valdiviaexpedition solche bei 239 Arten von Fischen bekannt geworden. Sie bilden, wie B r a u e r ausführt, nur etwa den fünften Teil der Fische, die man auf Grund der Angaben der Tiefen, in denen sie gefangen sein sollen, als Tiefseefische rechnet. Diese umfassen nämlich 309 Gattungen und 1007 Arten. Über den Bau der Leuchtorgane war schon auf S. 27—30 die Rede, hier sei ihre biologische Bedeutung näher betrachtet. B r a u e r neigte vorerst der Ansicht zu, daß die Organe in verschiedenen Farben leuchten könnten und derart jede Art oder Gattung ihre charakteristische Schattierung hätte, wodurch sie sich untereinander leicht auffinden könnten. Von dieser Ansicht aber kam B r a u e r wieder ab, da der Bau der Augen diese Annahme widerlegte. Er modifizierte seine Ansicht dahin, daß die Anordnung der Leuchtorgane, welche bei den einzelnen Arten konstant ist, dem Fisch ein bestimmtes Dessin verleiht, durch das er seinen Artgenossen leicht erkennbar wäre, wodurch zugleich das gegenseitige Auffinden der Geschlechter begünstigt wird. Dann wird auch verständlich, daß bei Grundfischen diese Leuchtorgane fehlen, sie nur bei pelagischen vorkommen. „Denn für die letzteren haben besondere Kennzeichen zum gegenseitigen Zusammenfinden großen Wert, zumal der Geruchssinn kaum eine Bedeutung spielen wird, da er überall nur schwach entwickelt ist, die Fische fast nur durch das Auge geleitet werden." Für die Bewertung mancher Organe als sekundäre Geschlechtscharaktere spricht besonders die Tatsache, daß bei einigen Fischen, wie z. B. den Myktophiden, die Leuchtorgane bei Männchen und Weibchen eine verschiedene Lage besitzen. Auch ist nicht von der Hand zu weisen, daß zur Zeit der Fortpflanzung die Intensität des Leuchtens verstärkt wird oder überhaupt erst eintritt. Wir würden dann derselben Erscheinung, wie Hochzeitskleid, Perlausschlag u. dgl. (s. S. 103), bei Fischen begegnen. Im weiteren dienen die Leuchtorgane (Tentakelorgane) bei vielen Arten zweifellos als Lockmittel für Beutetiere, wie ja die Fischer in Banda das herausgeschnittene Leuchtorgan der Anomalopiden, das noch stundenlang leuchtet, als Köder verwenden. Fehlt aber eine Einrichtung zum Abblenden des Lichtes, dann wird es zum Verräter, indem es Feinde anzieht. Endlich können die am Kopf gelegenen Leuchtorgane für den Lichterzeuger als Scheinwerfer wirken, indem sie seine Umgebung beleuchten (W e b e r).

Die Tiefseefische zerfallen nach B r a u e r in zwei Gruppen: 1. die

benthonischen oder Grundformen, zu denen sowohl die im oder auf dem Boden lebenden, weniger vagilen Fische, als auch die in den unmittelbar über dem Boden liegenden Wasserschichten frei umherschwimmenden Arten zu zählen sind; 2. die bathypelagischen Formen, zu welchen alle Fische gehören, die unterhalb der Vierhundertmetergrenze pelagisch, vom Boden völlig unabhängig leben, die aber nachts in die Oberflächenschichten aufsteigen können. Zu den Grundfischen der Tiefsee dürften die Zitterrochen (Torpediniden), Schollen (Pleuronektiden), Fledermausfische (Malthaeiden), Meerteufel (Lophiiden), Panzerfische (Kataphrakten), Aalmütter (Zoarciden), Großschwänze (Makruriden) und Schellfische (Gadiden) zählen. Es können aber auch Vertreter der genannten Familien im Bathybial und Litoral vorkommen, zumal eine scharfe Trennung des Benthos von den genannten Regionen nicht möglich ist. Der enge Zusammenhang des Benthos mit dem Litoral geht schon daraus hervor, daß von 178 Gattungen, die man den Grundfischen zurechnen kann und die unter 400 m gefunden sind, nur 60 unterhalb dieser Grenze gefangen wurden, 118 dagegen mit einer oder mehreren Arten auch im Litoral allein vertreten sind oder in dieses hinaufreichen. Von rein pelagischen, unterhalb 400 m gefangenen Fischen kennt man nach Brauer etwa 60 Gattungen. Welche Schichtungen dieselben in vertikaler Richtung bevorzugen, darüber ist noch sehr wenig bekannt. Es vermochte zwar die Valdiviaexpedition (1899) in dieser Beziehung wertvolles Beobachtungsmaterial zu gewinnen, doch gelang es keineswegs, wie Brauer selbst zugibt, die oberen und unteren Grenzen festzustellen, innerhalb derer die Tiefseefische leben. Erst die kürzlich stattgefundene Michael-Sars-Expedition (1910) nach dem Nordatlantik veröffentlicht über einige Fischarten präzise Daten. So berichtet Hjort, daß der Tiefseefisch Argyropelecus hemigymnus seine größte Verbreitung zwischen 150 und 500 m, und zwar in der Dreihundertmeterschicht besitzt, Cyclothone microdon Gthr. zwischen 500 bis 1500 m anzutreffen ist, während Cyclothone signata S. das Maximum seiner Individuumzahl bei 500 m Tiefe aufweist. Was die horizontale oder geographische Verbreitung der Tiefseefische betrifft, so sei nur kurz erwähnt, daß einige derselben bipolare Verbreitung zeigen, d. h. es kommen dieselben oder sehr nahe verwandte Arten im arktischen und antarktischen Meere vor.

Benthos- und Bathypelagial geben den Fischen verschiedene Lebensbedingungen. Während die Grundfische von kleinen, wenig beweglichen Tieren oder Tierresten sich nähren und die Auffindung der Nahrung keine große Mühe erfordert, müssen die bathypelagischen Fische, denen ebenfalls Tiere als Nahrung dienen, größere Flächen in vertikaler und horizontaler Richtung durchschwimmen, um ihre Beute zu finden.

Die bathypelagischen Formen scheinen einzeln zu leben, während die Grundfische in größerer Zahl sich zusammenhalten. Als weitere Anpassungen

nenne ich den Verlust der Schwimmblase bei vielen pelagischen Formen, wodurch ein leichteres Durchschwimmen größerer vertikaler Strecken ermöglicht wird; wahrscheinlich steht damit auch im Zusammenhange bei einigen Formen der Mangel an Schuppen und die gallertweiche Haut. Infolge dieser weichen Haut können vielleicht Verschiedenheiten zwischen innerem und äußerem Druck beim Durchschwimmen größerer vertikaler Gebiete sich ausgleichen. In der Färbung überwiegt Schwarz, daneben treten Rot und Silberweiß auf; und zwar derart, daß die schwarzen Formen in den größten Tiefen (1000 m), die roten bei einer oberen Grenze von 500 m unter der Oberfläche und die silberweißen in höheren Schichten auftreten. Vergleicht man damit die oben besprochenen Messungen Hansens über die Lichtintensität verschiedenfarbiger Strahlen, so haben wir es hier mit einer trefflichen Schutzfärbung zu tun. Denn wir können ohne Zweifel annehmen, daß in den obenerwähnten Tiefen, welche die obere Grenze für die schwarzen und roten Formen angeben, chemisch wirksame Strahlen nur aus dem violetten Teile des Spektrums vorhanden sind. Wenn wir nun sehen, daß der Absorptionskoeffizient für die roten Strahlen, verglichen mit dem der violetten, im Verhältnis von 30 : 1 steht und Hansen in einer Tiefe von 500 m keine Spur von roten Strahlen mehr nachweisen konnte, so folgt daraus, daß die roten Tiere in dieser Tiefe geradeso unsichtbar wie die schwarzen sein müssen. Die über 500 m als untere Grenze noch oben gefangenen Fische sind, wie Hjort ausführt, seitlich mehr oder weniger zusammengedrückt; ihre Färbung ist auf dem Rücken dunkel und silberglänzend mit einem blauvioletten Schimmer an den Seiten; die Augen sind groß, oft teleskopförmig, die Leuchtorgane stark entwickelt. Die meisten dieser Fische wurden in einer Tiefe bei 300 m erbeutet, während über 150 m nur ein paar Exemplare ins Netz gingen. Zieht man aus obigen Ausführungen den Schluß, so ergibt sich, „daß die glänzenden Farben, die auffallenden Leuchtorgane und die eigentümlichen Teleskopaugen nicht der Meerestiefe mit absoluter Dunkelheit angehören, sondern im Gegenteil einer Tiefe, in die auf jeden Fall eine beträchtliche Menge von Strahlen aus unmittelbarer Nähe des blauen, violetten und ultravioletten Teiles des Spektrums eindringen“ (Hjort).

Die verschiedenen Tiefseeexpeditionen (Challenger, Valdivia, Michael Sars) haben eine Fülle von interessantem Material aus den Tiefen der Weltmeere zutage gefördert. Wir sind indes noch weit davon entfernt, auch nur einen einigermaßen vollständigen Überblick über die Formenmannigfaltigkeit der Tiefseefische zu besitzen, ebenso wissen wir bis jetzt nur sehr wenig über ihre Verbreitung oder über die physikalischen Bedingungen, unter denen sie leben. Hoffentlich werden diese Lücken bald durch neue Expeditionen ausgefüllt!

C. Die Luft als temporäres Aufenthaltsmedium der Fische.

Das Wasser ist, wie wir gesehen haben, das eigentliche Lebenselement der Fische; werden sie nur kurze Zeit aus diesem herausgebracht, dann gehen sie durch Austrocknung der Kiemen sogleich zugrunde. Es gibt indes, wie bei der Besprechung der Atmungsorgane bereits hervorgehoben worden ist, einige Ausnahmen, welche auf kürzere oder längere Zeit freiwillig das nasse Element verlassen und dann mit besonderen Einrichtungen zur Luftatmung eingerichtet sind. Ich erinnere nur an die Labyrinthfische mit ihren Labyrinthorganen (s. S. 51), einige tropische Welsarten mit ihren akzessorischen Kiemenanhängen (s. S. 51), die Schmerlen mit ihrem respiratorischen Darm (s. S. 54), die Hornhechte mit ihren Luftsäcken und die Lurchfische (s. S. 63). An dieser Stelle mögen im weiteren einige Fälle betrachtet werden, welche bisher noch keine Erwähnung gefunden haben. In erster Linie sind hier Fische zu nennen, welche in ihrer geräumigen Kiemenhöhle einen größeren Vorrat an Feuchtigkeit aufbewahren können, deren Verdunstung durch einen möglichst eng anliegenden Kiemendeckel verhindert oder wenigstens zeitlich lange hinausgeschoben wird.

Als treffendes Beispiel möge hier der Aal (Anquilla vulgaris L.) dienen. An diesen Fisch knüpfen sich, wie kaum an einen anderen Vertreter, schon von alters her sagenhafte Märchen, die noch heute oft von Laien verteidigt werden und leider auch in verschiedene Schulbücher übergegangen sind. Hierher gehört das Lebendiggebären dieser Fische, ihre nächtliche Wanderung in Erbsenfelder usw. Seitdem die Biologie dieses Fisches, zumal im Verlaufe der letzten Jahre, genauer erforscht wurde, gehören diese Ansichten ins Reich der Fabel. Wir sind keineswegs berechtigt, dem Aale eine gewohnheitsmäßige Landwanderung zuzuschreiben. Es steht indes fest, daß dieser Fisch zeitweise das Wasser verlassen kann, um von einem Gewässer ins andere zu gelangen. Als Faktoren, welche eine solche Landwanderung begünstigen, führt Walter an: Kürze des Weges und günstige Beschaffenheit desselben (nicht zu steile Böschungen, Gras, feuchtes Erdreich usw.), Dunkelheit, schließlich günstiges Wetter, Regen oder wenigstens starken Tau. Namentlich aber können plötzlich eintretende ungewöhnliche Zwangslagen, wie das Versetzen frischgefangener Aale in enge Bassins usw., zur Annahme des Landes Veranlassung geben.

Andere Fische, deren Kiemen durch die Enge der äußeren Öffnungen vor dem Eintrocknen geschützt und dadurch instand gesetzt werden, längere Zeit auf dem Trockenen zu verweilen, sind die Schlammspringer (Periophthalmus Koelreuteri Bl. und Boleophthalmus), Bewohner der indopazifischen Küsten und Mündungsgebiete der Ströme. Die Fische erinnern in ihren Lebensgewohnheiten weit eher an Amphibien. Bei Eintritt der

Ebbe kann man sie in Scharen auf dem feuchten Sande liegen und vermittels der zu Sprung- und Kletterorganen umgebildeten Brustflossen mit kurzen, sprunghaften Sätzen sich fortbewegen sehen. Während die Fische beim Schwimmen viel ungeschickter als alle Fischarten sind, indem sie fast nur geradeaus schwimmen können, sind sie dafür im Laufen und

Fig. 32. Schlammspringer (Periophthalmus) auf den Wurzeln des Mangrovebaums sitzend. (Nach Thesing.)

Klettern sehr bewandert. Im Nu haben sie beim Schwimmen einen aus dem Wasser herausragenden Körpers erreicht, entweder einen Stein oder einen Baumstamm, auch können sie die glatten Aquarienwände 3—4 cm hoch hinaufrutschen. In ihrer Heimat erklettern sie die Luftwurzeln der Mangrovebäume, die meterhoch und noch höher aus dem Wasser herausragen, und bleiben hier stundenlang sitzen, ein Umstand, der schon oft zur Verwechslung dieser Fische mit Eidechsen Veranlassung gab (s. Fig. 32). Dieser ausgedehnte Landaufenthalt wird den Tieren dadurch ermöglicht, daß sie unter ihren festgeschlossenen Kiemendeckeln stets eine größere Menge Wasser mit sich führen und ihre Kiemen auf dem Trockenen ständig von Feuchtigkeit umspült sind. In ähnlicher Weise wie die Schlammspringer besitzt auch der ostindische Kletterfisch (Anabas scandens C. V.) die Fähigkeit, steile Abhänge und rissige Baumstämme zu erklimmen. Er bedient sich dabei der Flossenstrahlen und bestimmter Dornen am Kiemendeckel. Der Fisch gehört zu den Labyrinthfischen, besitzt Labyrinthorgane und

vermag daher direkt Luft zu atmen und infolgedessen längere Zeit auf dem Trockenen auszuhalten.

Anschließend an die Besprechung der Sprung- und Kletterfische möchte ich jene der Flugfische reihen. Wiewohl dieselben keineswegs mit Vorrichtungen zur Luftatmung oder Verhinderung einer Austrocknung des Kiemenapparates ausgestattet sind, vermögen sie doch auf kurze Zeit (bis 20 Sekunden) das feuchte Element mit der Luft zu vertauschen. Dies geschieht, wie schon der Name sagt, mittels „Fliegen". Diese Fähigkeit ist unter den Fischen hauptsächlich auf die Vertreter der beiden Gattungen Exocoetus (Schwalbenfisch) und Dactylopterus (Flughahn) beschränkt. Diese Tiere zeichnen sich vor allen Fischen durch eine ungewöhnlich große und kräftige Entwicklung ihrer Brustflossen aus, welche beim Fluge die Stelle der Flügel vertreten. Bei vielen Exocoeten sind auch die Bauchflossen nach Größe, Form und Stellung wohl geeignet, als Flug- oder Tragflächen zu dienen. Die Brustflossen erinnern nach Ahlborn, wenn sie beim Schwimmen dicht zusammengefaltet an der Seite des Körpers liegen,

Fig. 33. Fliegender Fisch, Exocoetus volitans L. (Aus Hesse.)

an die Flügel der Schwalben; werden sie aber vollständig entfaltet, dann haben sie bedeutend an Breite gewonnen (s. Fig. 33). Von einem echten Fluge, wie bei Vögeln, kann aber bei den genannten Fischen nicht die Rede sein. Die „Flügel" sind hier nichts anderes als ein Fallschirm, der während des Fluges wohl ausgespannt, aber nicht auf- und abgeklappt werden kann.

Es läßt sich dieser Flug mit jenem eines Papierdrachens vergleichen; wie der Zug der Drachenschnur die Drachenfläche stets gegen den Wind hält, so wird auch die Flosse durch die Spannung bestimmter Brustmuskeln gleichmäßig und ruhig im Winde festgehalten. Dabei können nur ganz geringe aktive Flossenbewegungen durch seitliche Bewegungen stattfinden, die aber nur unmerklich auf den Verlauf der Flugbahn einwirken, da sie nicht imstande sind, die hebende Wirkung des Luftwiderstandes so weit zu steigern, daß dadurch der Fischkörper energisch aus seiner Bewegungsrichtung gedrängt werde. Der Flug beginnt damit, daß sich der Fisch mit einem kräftigen Schwimmschlag seines Schwanzes aus dem Wasser schnellt und die Flossen ausbreitet. Er schießt hierauf mit großer Geschwindigkeit und gewöhnlich unter kleinem Elevationswinkel aus dem Wasser hervor. Gegen den Wind legt er Strecken von über 100 m zurück, wobei auf bewegter See die Flugstrecke der Oberfläche der Wellenberge und -täler folgt. Dabei

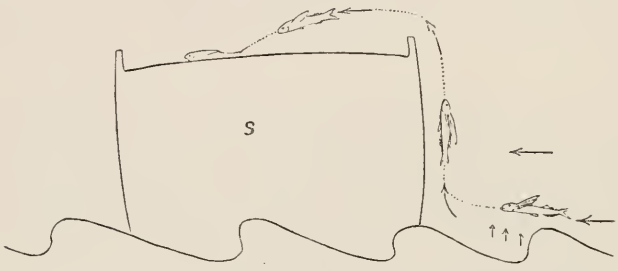

Fig. 34. Querschnitt eines Schiffes (*S*), das ebenso wie die Wellen viel zu klein dargestellt ist im Verhältnis zur Bahn eines Exocoetus, der auf das Deck geführt wird. Die größeren Pfeile bezeichnen den Gang des Windes an der Windseite des Schiffes, die kleineren die Luftströmungen, welche in den Wellentälern emporsteigen. (Nach Möbius.)

steigt die Flugbahn nur etwa 1 m über die Oberfläche des Meeres hervor. Am Abend und zur Nachtzeit kann indes die Flugbahn 5—6 m Höhe erreichen. Interessant ist dabei die Tatsache, daß die Fische, sofern ihre Flugstrecke ein Schiff kreuzt, ans Deck desselben kommen, indem sie der Luftdruck dahin hebt (Möbius, s. Fig. 34). Auch soll, wie Ahlborn annimmt, das Licht des Schiffes für die Flugrichtung maßgebend sein, welches die Fische anlockt. Fallen nämlich zur Nachtzeit Lichtstrahlen ins Wasser, so schwimmt der Fisch rapide dem Lichte entgegen und erhebt sich zum Fluge. Infolge der Brechung aber, welche das Licht beim Übergang aus der Luft ins Wasser erleidet, weicht nun die Flugbahn in der Luft von Anfang an von der Bahn der Lichtstrahlen ab: der Elevationswinkel der Flugbahn ist größer als der der Lichtstrahlen und der Fisch erreicht so, ohne es zu wollen, eine Flughöhe, die ihn auf das Schiff befördert.

Hat der Fisch den Kulminationspunkt seiner Flugbahn erreicht, so schwebt er allmählich wieder abwärts, so daß der absteigende Ast der Bahn länger zu sein pflegt als der ansteigende. Hierbei sinkt mit abnehmender

Fluggeschwindigkeit der Schwanz mehr und mehr herab, so daß die Längsachse des Körpers mit der Fluglinie einen wachsenden Winkel bildet.

Der Nutzen, den die fliegenden Fische von ihrem Fluge haben, besteht darin, daß sie den Nachstellungen ihrer Feinde, zu denen die Delphine, Boniten und Doraden gehören, entgehen. Freilich werden sie dann oft genug eine Beute der Möwen. Daß sie aber auch aus Übermut, zum Spiel oder selbst jagend aus dem Wasser emporschnellen, ohne dazu durch Gefahr und Verfolgung veranlaßt zu sein, ist ebenso selbstverständlich.

Wie erwähnt, gehören zu den fliegenden Fischen hauptsächlich die beiden Gattungen Exocoetus und Daktylopterus. In ähnlicher Weise soll mit Flugvermögen ebenfalls ausgestattet sein die Flugbarbe (Nuria danrica Bl.), ein kleiner, von Aquarienliebhabern geschätzter Zierfisch, welcher infolge einer Verbreiterung seiner Brustflossen sich über den Wasserspiegel emporzuschnellen, zu „fliegen“ vermag. Doch wird von verschiedenen Autoren, B a d e u. a., dieses „Fliegen“ in keiner Weise mit jenem der Flugfische identifiziert. Auch ein anderer Zierfisch, der Schmetterlingsfisch (Pantodon buchholzi P.) soll nach A r n o l d die Fähigkeit besitzen, sich mit Hilfe der flügelartigen Brustflossen über den Wasserspiegel zu erheben.

III. Die Lebensäusserungen der Fische in Beziehung zu anderen Lebewesen.

A. Gleicher Art.

1. Die Fortpflanzung der Fische.

Das Leben jedes Individuums setzt sich nach seinem Tode in seinen Nachkommen fort. Man hat daher die Fortpflanzung ein Wachstum über die Grenze des Individuums bezeichnet.

Die Fortpflanzung der Fische ist, wie schon im Kapitel über die Geschlechtsorgane hervorgehoben worden ist, eine bisexuelle, d. h. es müssen zur Hervorbringung eines neuen Individuums weibliche Eier mit männlichen Spermien vereinigt werden. Es müssen also die männlichen Fische (Milchner ♂) die weiblichen Artgenossen (Rogner ♀) aufsuchen und sich beide gemeinschaftlich dem Laichakt hingeben. Dieses Laichgeschäft wird in der Regel jedes Jahr wiederholt; eine Ausnahme machen die Neunaugen (Cyclostomen) und die Aale (Anquilluliden), die wahrscheinlich nur einmal in ihrem Leben der Fortpflanzung obliegen und danach absterben.

Wie bei den höheren Wirbeltieren, so treten auch bei den Fischen in Korrelation mit der Reifung der Geschlechtsdrüsen — dieselbe erfolgt beim Männchen in der Regel im dritten, beim Weibchen im vierten Lebensjahre — die primären Geschlechtscharaktere auf. Als solche sind die Kopulationsorgane der viviparen Fische, die Begattungsorgane der Rochen und Haie, von denen oben bereits die Rede war, die Legeröhre der Bitterlinge u. a. zu nennen. Neben diesen primären Geschlechtscharakteren oder Merkmalen unterscheidet man noch die sekundären, welche mit dem eigentlichen Begattungsakt direkt nichts zu tun haben, sondern ihn nur indirekt fördern, indem sie bei der Auffindung des anderen Geschlechts behilflich sind, dessen geschlechtliche Erregung fördern, zur Abwehr von Nebenbuhlern usw. dienen. Zu diesen sekundären, ausnahmslos den Männchen zukommenden Geschlechtsmerkmalen gehört in erster Linie das bunte Hochzeitskleid vieler Fische; ferner ist hierher zu rechnen die Vergrößerung gewisser Flossen und Verdickung ihrer Randstrahlen (s. S. 72), die Aufwärtskrümmung des Unterkiefers oder die Bildung des

sogenannten Hakenmauls (bei Salmoniden), warzenförmige Erhebungen der Haut oder der Perlausschlag (bei Cypriniden), stärkere Ausbildung der Bauchpanzerplatten (bei Welsen) und der Hautzähne (bei Rochen) u. a. Diese Merkmale treten an dem männlichen Individuum meistens erst auf, wenn es in Geschlechtsreife tritt, um nach dem Laichakt wieder zu verschwinden, oder sie bleiben dann zeitlebens bestehen, so daß man dann mit Leichtigkeit schon von weitem die Geschlechter unterscheiden kann. Das am meisten charakteristische und bekannte Merkmal ist wohl die intensive Färbung der Männchen, das Hochzeitskleid. Es steht unter Einfluß einer inneren Sekretion der Geschlechtsdrüse und nimmt, verstärkt durch geschlechtliche Erregung, satte Farbentöne an. Eine solche Farbenpracht zeigen die Männchen vieler laichenden Fische, wie der Stichling (Gasterosteus), Bitterling (Rhodeus amarus Bl.), die Pfrille (Phoxinus laevis Ag.), der Saibling (Salmo salvelinus L.), Lachs (Trutta salar L.), Großflosser (Polyacanthus); bei Meerfischen die Lippfische (Labriden), Papageifische (Scariden), Meergrundeln (Gobiiden) u. a. Nach beendeter Laichzeit blassen die satten Farben gewöhnlich ab, nur in einigen seltenen Fällen ereignet es sich, daß das Hochzeitskleid auch weiter getragen wird. Man hat nun versucht, diese Prachtfärbung mit der Lehre Darwins von der geschlechtlichen Zuchtwahl zu erklären. Indes mit wenig Erfolg; denn in den meisten Fällen findet sicherlich eine Wahl der Weibchen seitens der Männchen statt. Wir haben es im Hochzeitskleid bei den Fischen wohl zweifellos mit einer rein physiologischen und nicht biologischen Färbung zu tun.

Ein weiteres, besonders unseren einheimischen Fischen (Cypriniden) zukommendes sekundäres Geschlechtsmerkmal ist der sogenannte Perlausschlag, welcher in einer Wucherung und Verhärtung der Oberhaut in Gestalt von kleinen Körnchen besteht. Dieselben können die ganze Körperfläche überziehen oder besonders in der Kopfpartie dicht zerstreut sein, aber auch öfters den Schuppenlinien nach geordnet sein. Manche Renkenarten und besonders die Nerflinge, wie z. B. der Perlfisch (Leuciscus Meidingeri Heck.), erhalten durch diese Wucherungen ein eigenartiges Aussehen. Die Perlbildungen gehen nach der Laichzeit wieder spurlos zurück.

Was die Größe der Geschlechter betrifft, so scheint es, daß bei den meisten Knochenfischen (Teleostiern) das Weibchen größer als das Männchen ist. Bei vielen Zahnkarpfen (Cyprinodonten z. B.) erreicht nach Günther das Männchen nur ein Sechstel oder noch weniger von der Größe des Weibchens. Nur bei einem Knochenfische, dem Großflosser (Polyacanthus) ist bekannt, daß das farbenprächtige Männchen das Weibchen um ein Vielfaches übertrifft. Ähnliches ist bei Haien, Rochen und Schmelzschuppern beobachtet worden, doch fehlen darüber genauere Daten.

Über das Zahlenverhältnis der Geschlechter ist ebenfalls nur

wenig Sicheres bekannt. Im allgemeinen scheinen bei den Fischen die Männchen die Weibchen an Zahl zu übertreffen. Nimmt man die Zahl der Weibchen als 100 an und berechnet die entsprechende Zahl der Männchen, so ergibt sich als Verhältnis beim Hering (Clupea harengus L.) 101, bei der Sardine (Engraulis encrasicholus L.) 115, beim Angler (Lophius piscatorius L.) 385, beim Koppen (Cottus gobio L.) 188; dagegen soll es beim Dorsch (Gadus morrhua L.) 75, bei der Makrele (Scomber scomber L.) 85,5, beim Schellfisch (Gadus aeglefinus L.) 53, bei der unechten Kliesche (Hippoglossoides limandoides Bl.) nur 12, für den Schlammpeizger (Cobitis fossilis L.) 11, für den Flußbarsch (Perca fluviatilis L.) 2—10 sein (nach H e s s e). Interessant gestaltet sich dieses Verhältnis bei der Scholle, wie aus den Untersuchungen von S c h r o d t m a n n und H e f f o r d hervorgeht. Bei jungen Tieren von 6 bis 7 cm Länge gestaltet sich das Verhältnis zwischen Männchen und Weibchen wie 6 : 4. Je größer die Schollen werden, um so mehr verschiebt sich dann das Sexualitätsverhältnis zugunsten der Weibchen. Von ganz großen Fischen, die eine Länge von 67 bis 70 cm erreichen, sind bis jetzt nur Weibchen bekannt geworden. Als Erklärung dieser Erscheinung führt H e f f o r d vorerst an das frühere Eintreten der Männchen in die Geschlechtsreife, was zur Erhöhung des Sexualitätsverhältnisses zugunsten der Männchen beiträgt; für das Abnehmen bzw. Ausbleiben der Männchen bei erwachsenen Tieren wird dagegen die größere Mortalität der Männchen angeführt, über deren Ursache nichts bekannt ist.

Die F r u c h t b a r k e i t der Fische wird von verschiedenen Faktoren beeinflußt, von denen besonders der Sauerstoffgehalt des Wassers und die Ernährung hervorzuheben sind. Besonders letztere übt auf die Produktion der weiblichen Keimdrüsen einen überraschenden Einfluß aus. So konnte R a v a r e t - W a t t e l durch variierte Fütterungsversuche an Bachsaiblingen (Salmo fontinalis Mitsch.) gleichen Alters und gleicher Provenienz zum Schlusse kommen, daß mit einer reichlichen Nahrungsaufnahme nicht nur eine beträchtliche Beschleunigung der Geschlechtsreife Hand in Hand geht, sondern auch die individuelle Produktion von Geschlechtszellen erheblich gesteigert wird. Denn es enthielten die Weibchen der meistgefütterten Abteilung durchschnittlich 910 reife Eier, die der zweiten (mit der Hälfte Futter aufgezogen) 520, und die der dritten (mit einem Viertel der ersten Ration gefüttert) nur 405 Eier. So sehr die Zahlen für eine reiche Fütterung sprechen, muß aber hier vor einer Mästung gewarnt werden; denn ist einmal das Optimum der Ernährung in bezug auf den Fruchtbarkeitseffekt überschritten, dann ist die Gefahr einer fettigen Degenerierung der Geschlechtsprodukte leicht gegeben und die Fische werden unfruchtbar. Die Versuche von R a v a r e t - W a t t e l ergaben noch ferner das Resultat, daß von den drei Abteilungen (Saiblingen) die erste 70 % Weibchen mit reifen Eiern, die zweite dagegen nur 25 % und die dritte 16 % enthielt.

Weit entfernt, diese Ergebnisse anzuzweifeln, möchte ich indes vor einer Verallgemeinerung dieser überraschenden Resultate warnen. Die Frage der Sexualitätsbestimmung bei Fischen ist noch lange nicht gelöst, hier müssen erst noch jahrelange Versuche einsetzen.

Einen glücklichen Anfang in dieser Beziehung machte Thumm. Er teilt mit, daß er bei Zuchtversuchen mit lebendiggebärenden Karpfling en (Cyprinodonten) eine Einwirkung auf das Geschlecht der Nachkommenschaft erhalten hat. Zu diesem Zwecke paarte er ein starkes dreijähriges Weibchen von Cichlasoma nigrofasciatum G. mit einem einjährigen Männchen. Von 800 erhaltenen Nachkommen waren nicht 50 Weibchen. Dasselbe Männchen im nächsten Jahre (also zweijährig) mit einem einjährigen Weibchen gepaart, brachte unter 400 Nachkommen 300 Weibchen. Dieselben Zuchtresultate erhielt Thumm auch bei anderen Cichliden, bei Haplochilen, Barben u. a. Es geht aus ihnen hervor, daß ältere starke Weibchen mit jüngeren, schwächeren Männchen verpaart in der Nachzucht vorwiegend Männchen, während ältere Männchen mit jungen Weibchen gezeitigt vorwiegend Weibchen hervorbringen. Derselbe Erfolg, der hier durch Paarung verschieden alter Tiere erzielt wurde, kam auch bei Paarung gleichalteriger, aber verschieden groß gewordener Tiere zustande. Es ergaben nämlich große starke Weibchen, gepaart mit kleinen Männchen, vorwiegend Männchen, während eine Paarung mit größeren Männchen die Bildung von Weibchen begünstigte. Es scheint demnach bei Fischen, ähnlich wie dies Hertwig bei Fröschen nachgewiesen hat, die Geschlechtsbildung nicht so sehr von äußeren Faktoren (Ernährungs- und Temperaturbedingungen), als vielmehr von dem relativen Reifezustand der Geschlechtszellen abhängig zu sein.

Sind die Geschlechtsprodukte zur Ablage reif, dann treffen die Fische Vorkehrungen, sich ihrer zu entledigen. Sie suchen zu diesem Zwecke geeignete Laichplätze auf, zu deren Erreichung oft große Wanderungen notwendig sind. Über diese wird weiter unten noch ausführlich die Rede sein. Wenn auch die Laichzeit für jede Fischart bestimmten Regeln unterworfen ist, so wechselt ihr Eintritt und ihre Dauer in ziemlich bedeutenden Grenzen. Im allgemeinen pflegt man die Fische nach ihrer Laichzeit in drei Kategorien einzuteilen, nämlich in Winter-, Frühjahrs- und Sommerlaicher. Um nur einige Beispiele hervorzuheben, fällt die Laichzeit der meisten Salmoniden in den Winter; nur Regenbogenforelle (Trutta irridea W. Gibb.), Huchen (Salmo hucho L.) und Äsche (Thymallus vulgaris Nils) sind ausgesprochene Frühjahrslaicher. Die große Schar der Weißfische (Cypriniden) sind dagegen vornehmlich Sommerlaicher.

Ähnliche Unterscheidungen trifft man bei Seefischen, deren Fortpflanzung, zumal was die Nutzfische betrifft, durch die großzügigen Forschungen der Helgoländer Station ermittelt worden ist. So laichen nach Ehrenbaum die Scholle (Pleuronectes platessa L.) und die Flunder (Pleuronectes flesus L.)

in den Wintermonaten, während die Seezunge (Solea vulgaris Qu.), der Steinbutt (Rhombus maximus L.), der Glattbutt (Rhombus laevis R.), die Kliesche (Pleuronectes limanda L.), Makrele (Scomber scomber L.) u. a. Frühjahrslaicher sind.

Die Mehrzahl der Fische ist mixogamisch. Ein Weibchen wird in der Regel von mehreren Männchen befruchtet (Polyandrie); doch kann natürlich ein Männchen auch mehrere Weibchen besitzen (Polygynie). Polygam ist z. B. der Stichling (Gasterosteus), welcher mehrere Weibchen

Fig. 35. Lachsmännchen (Trutta salar L. F.) im Kampfe. (Nach Hesse.)

in sein Nest lockt und hier zur Eiablage veranlaßt (s. weiter unten). Einige Teleostier, wie die Schlangenköpfe (Ophiocephaliden) und wahrscheinlich alle Haie (Selachier), sollen nach Günther dagegen monogam sein. Dabei soll die Verbindung zwischen den Paaren nicht bloß eine temporäre sein, sondern so lange dauern, bis sie durch irgend einen Zufall getrennt werden. Monogamie wird schließlich allen lebendgebärenden Fischen (s. S. 71) zugeschrieben.

Folgen mehrere brünstige Männchen einem Weibchen, dann kommt es in der Regel unter diesen zu erregten Kämpfen, wobei die Rivalen sich gegenseitig nicht unerhebliche Verwundungen zufügen können. Wir treffen solche Kämpfe insbesondere häufig bei Salmoniden, z. B. den Lachsen (s. Fig. 35) und manchen exotischen Zierfischen. Bekannt ist insbesondere in dieser

Beziehung der Kampffisch (Betta pugnax G.), welcher die heißesten Kampfspiele aufführt, wobei der Fisch in schönsten Farben erstrahlt. Auch der Stichling (Gasterosteus) besitzt zur Laichzeit eine große Rauflust, indem er auf jeden Rivalen losstürzt und nicht früher ruht, als bis er ihn vertrieben hat.

Mit den Liebeskämpfen ist aber der Besitz des Weibchens in den meisten Fällen noch nicht erzielt. Ihnen müssen vielfach Bewerbungskünste oder Liebesspiele nachfolgen. Diese zielen darauf hin, das Weibchen möglichst zu erregen und dem Geschlechtsakte willig zu machen. Hierher gehört das „Reiben" der Fische, indem sie in eleganten Schwimmbewegungen aneinander vorüberfahren und sich dabei gegenseitig an Bauch und Seitenflächen berühren (Cypriniden). Hierher zählt ferner das „Schieben und Drängen", mit dem der Stichling das Weibchen zur Eiablage in das Nest treibt. Die Liebes- oder Brunstspiele lassen sich insbesondere bei Zierfischen in Aquarien leicht beobachten. Solche sind von den meisten Arten in der Literatur beschrieben worden. Hier sei das Spiel der Makropoden zunächst kurz erwähnt. Das Männchen zieht unter dem Neste unter oftmaligem Aufspreizen seiner Flossen elegante Kreise um das Weibchen, das die Flossen an den Körper anlegt und sich ruhig verhält oder aber sich schräg legt und umgekehrt die gleichen Bogen beschreibt. Dabei steigert sich die Erregung auf das höchste. Das Männchen nähert sich schließlich mit gespreizter Rücken- und Afterflosse dem Weibchen und versetzt ihm Stöße und Püffe, bis es sich endlich auf die Seite legt und zur Laichabgabe bereit macht. In ähnlicher Weise schildert Potemba das Liebesspiel bei der Barbenart Danio rerio H. „Das kräftigste Männchen hetzt die Nebenbuhler in das Pflanzendickicht. Darauf jagt es das Weibchen unter mehrmaligen Püffen in die Seiten- und Aftergegend aus seinem Schlupfwinkel, und nun beginnt ein toller Wirbeltanz, bei welchem das Weibchen unablässig vom Männchen Püffe in die Bauchgegend erhält und dabei beide Fische sich wiederholt aneinander reiben. Sobald eine dieser Wirbeltouren bis in die Ecke des Aquariums gelangt, hebt das Männchen das Weibchen nach einem Anlauf von unten vermittels der Stirn blitzschnell bis dicht unter den Wasserspiegel, wo sich beide einen Moment heftig zappelnd drehen. Das sind die Vorübungen zum Laichen oder Liebesspiele, die sogenannten ‚Scheinpaarungen'. Erst nach diesen findet dann eine Laichabgabe in Intervallen statt."

Zum Schlusse seien noch einige Beobachtungen an Büschelkiemern (Lophobranchiern) wiedergegeben. Nach Gudger schwimmen Weibchen und Männchen der Seenadel (Syngnathus) in nahezu vertikaler Haltung mit vorgebogenem Kopfe und Oberkörper nebeneinander, wobei das Männchen das Weibchen mit der Schnauze am Bauch streichelt und es dadurch zur Eiablage reizt. Männchen und Weibchen vom Seepferdchen (Hippocampus)

halten sich in aufrechter Stellung mit den Schwänzen aneinander und führen pickende Bewegungen gegen den Kopf des anderen Tieres aus, während das Männchen den sonst stets verschlossenen Eingang zur Brut-tasche bis auf Erbsengröße erweitert. Hierauf erfolgt die Begattung.

Fig. 36 gibt ferner ein Koppenpärchen (Cottus gobio L.) beim Liebes-spiel nach einer Beobachtung von Buschkiel wieder.

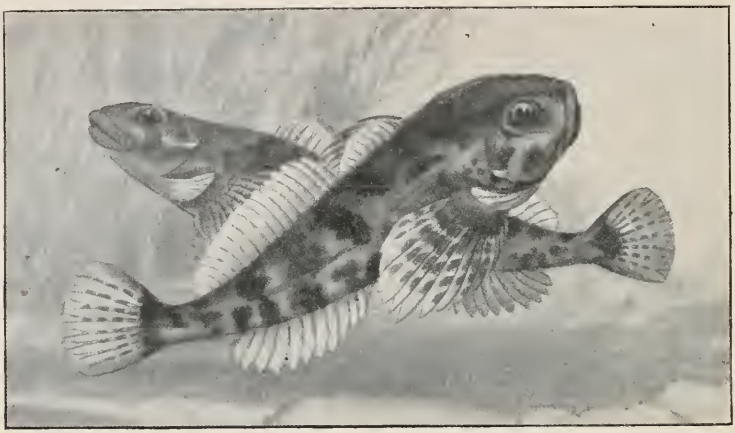

Fig. 36. Koppen (Cottus gobio L.) beim Liebesspiel.
Aus den Blättern für Aquarien- und Terrarienkunde.

Die Befruchtung der Eier ist bei den Fischen in den meisten Fällen eine äußere; die von den Weibchen abgelegten Eier werden seitens der Männchen befruchtet, indem diese das Sperma ins Wasser entleeren, wobei dieses als Träger dient. Im allgemeinen reicht eine geringe Menge Samenflüssigkeit hin, um eine größere Anzahl von Eiern zu befruchten. Auf dieser Erkenntnis basieren die günstigen Erfolge der künstlichen Fisch-zucht (s. S. 165 f.).

Neben der äußeren Befruchtung unterscheidet man bei einigen lebend-gebärenden Fischen eine innere; sie setzt eine regelrechte Begattung voraus. Dieselbe besteht in der Regel in einer innigen Vereinigung beider Geschlechter, wobei das Kopulationsorgan zur Reizung und Übertragung des Samens in die weiblichen Geschlechtswege eingeführt wird. Die Dauer der Begattung ist sehr verschieden, desgleichen die dabei eingenommene Stellung, welche der gegenseitigen Lage der Geschlechtsöffnungen der Kopulierenden entspricht.

So dauert die Kopulation bei den meisten lebendgebärenden Zahnkarpfen (Cyprinidonten) nur Augenblicke. Das Sperma stellt bei ihnen nach Marré milchweiße, ellipsoidale Spermatozeugmata (Spermapakete s. S. 72) dar. Die Spermen werden von einem Kitt, der in den Hoden gebildet wird, zu-sammengehalten und dann bei der Ejakulation paketweise ausgestoßen.

Das Festkleben des Ejakulats in der weiblichen Geschlechtsöffnung bedingt das richtige Einführen des Spermata, die sonst ins Wasser gelangt, vollkommen zugrunde gehen würden. Sind die „Pakete" richtig gegen die Geschlechtspapille „abgeschossen", so gelangen sie durch Bewegungen der Leibeswand des Weibchens und Herstellung eines Vakuums in die Leibeshöhle des Weibchens hinein, wo die Befruchtung der Eier erfolgt. Ist die Begattung bei den meisten Zahnkarpfen eine augenblickliche, so dauert sie bei einer Art derselben, nämlich Fitzroyia lineata Jen., nach Schreitmüller längere Zeit, da das Männchen sein mit einem Haken versehenes und nach oben gebogenes Kopulationsorgan nicht sofort aus der weiblichen Geschlechtsöffnung herausziehen kann, sondern hierin hängen bleibt. Nur durch eine jähe, rasche Drehung des Weibchens kann das Männchen wieder abgestreift werden.

In ähnlicher Weise wie bei den Cyprinodonten findet die Kopulation bei einigen Haien und dem Zitterrochen statt. Die männlichen Tiere unterscheiden sich, wie bereits auf S. 72 ausgeführt worden ist, schon dadurch, daß einige Radien der Bauchflossen gewaltig vergrößert und zu einem männlichen Begattungsorgane (Myxipterygium) ausgebildet sind. Nach Beobachtungen von Bolau „schlingt sich während der Begattung das Männchen quer um das Weibchen herum in der Weise, daß der Schwanzteil des Männchens sich von der rechten Seite des Weibchens her über den Rücken desselben hinwegkrümmt, während von der linken Seite des Weibchens der Vorderteil des Männchens sich nach oben und etwas von hinten in der Weise um das Weibchen schlingt, daß der Kopf des Männchens über seinen

Fig. 37. Haie (Scyllium) in Kopulation. (Nach Bolau.)

Schwanzteil weg zu liegen kommt" (s. Fig. 37). Dabei wird das Begattungsorgan in die weibliche Geschlechtsöffnung eingeführt. Die Begattung dauert etwa zwanzig Minuten.

Der zeitliche Abstand zwischen Begattung und Befruchtung ist sehr verschieden und hängt hauptsächlich von der Widerstandsfähigkeit und Lebensdauer der Spermata außerhalb des Hodens ab. Dieselbe ist bei

jenen, die ins Wasser gelangen, eine verhältnismäßig kurze und beträgt etwa eine halbe bis fünf Minuten (s. S. 71). Bei den lebendgebärenden Fischen indes können sich die Samenfäden lange Zeit im Körperinneren lebensfähig erhalten. Wenigstens ist bekannt, daß bei den Zahnkarpfen auf Grund einer nur einmalig vorausgegangenen Dauerbefruchtung sechs und mehr Embryonenwürfe erfolgen können.

Erfolgt die Eiablage in der Regel unter dem reizenden Einflusse des Männchens, so sind doch Fälle zur Beobachtung gelangt, wo sich das Weibchen allein seiner Bürde entledigt (Flußbarsch, Maulbrüter). Solche Eier sind aber meistens überreif und befruchtungsunfähig..

Viele Süßwasserfische setzen ihren Laich an jener Stelle ab, wo sie sich gerade befinden, andere suchen zur Ablage ihrer Eier günstige Laichplätze aus (s. Wanderungen), indem sie entweder seichte und warme Stellen im Wasser bevorzugen (Weißfische), oder Plätze mit bestimmten Wasserpflanzen wählen, wie z. B. die Bodenrenken die Armleuchtergewächse, Brachsen die Wasseraloe u. a., um daran ihre Eier anzukleben. Ein großer Teil liebt dagegen das kalte strömende Wasser der Gebirgsbäche, in dessen Bodengrund die Eier nach der Befruchtung eingegraben werden (Forellen, Lachse). Sehr verschieden ist die Eiablage selbst. Entweder werden die Eier einzeln abgelegt, um infolge ihres größeren spezifischen Gewichts sogleich zu Boden zu sinken oder längere oder kürzere Zeit sich im Wasser frei schwebend (pelagisch) zu erhalten und erst mit Wachsen des Embryo den Grund zu erreichen (Renken, Rutte). Oder es bildet der Laich zusammenhängende Klumpen oder bandförmige Massen, die an submersen Wasserpflanzen oder Steinen befestigt werden (Perciden).

Ähnlich wie bei den Süßwasserfischen findet auch bei Meerfischen die Eiablage entweder im freien Wasser oder am Küstengrunde statt. Pelagische oder frei flottierende Eier besitzen nach E h r e n b a u m die meisten der bekannten Nutzfische, wie Scholle, Flunder, Seezunge, Makrele, Sprott, Sardelle u. a., während die Eier vom Seeskorpion (Cottus scorpius L.), Lumpfisch (Cyclopterus lumpus L.), Stichling (Gasterosteus), Hering (Clupea harengus L.) u. a. an festen Gegenständen abgelegt werden, also zu den festsitzenden Eiern gehören. Fig. 38 veranschaulicht einen etwa nußgroßen Eierklumpen von Cyclogaster liparis L., welcher auf dem Stock des Hydroidpolypen Obelia festen Fuß gefaßt hat.

Die pelagischen Eier werden teils in großen Tiefen abgelegt, wie dies bei den Tiefseefischen (beim Aal 1000 m) der Fall ist, teils aber in den oberflächlichen Schichten oder geringen Tiefen von 20 bis 40 m (bei den häufigsten Nutzfischen). Zur Verringerung ihres spezifischen Gewichts sind sie meistens mit einem oder mehreren Öltropfen ausgestattet, deren Größe und Zahl die Artbestimmung erleichtert. Aus gleichem Grunde besitzen einige Arten Schwebeeinrichtungen; so sind die Eier der Makrelenhechte (Scomber-

esociden) mit Fadenanhängen ausgerüstet (s. Fig. 39), welche keineswegs „zum Befestigen der Eier untereinander und am Grunde dienen, sondern

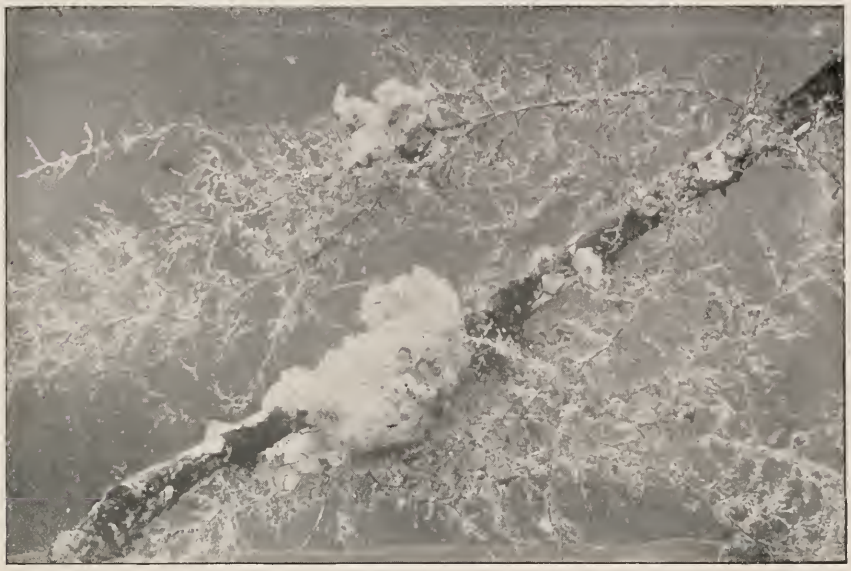

Fig. 38. Eierklumpen von Cyclogaster liparis L. auf Obelia. (Nach Ehrenbaum.)

zu steif abstehenden Borsten umgestaltet die Schwebefähigkeit der Eier erhöhen" (Lohmann).

Über die Verbreitung der pelagischen Eier liegen von Ehrenbaum und Strodtmann wertvolle Untersuchungen vor, die nach Methoden der Hensen-Apsteinschen Planktonforschung gewonnen wurden. So konnte festgestellt werden, daß die frisch abgelegten Eier im allgemeinen das spezifische Gewicht des Wassers haben, in dem sie sich aufhalten. Da mit der Entwicklung des Embryos das spezifische Gewicht zunimmt, sinken die Eier in tiefere Schichten; daher findet man sie in der Nordsee in den tieferen Schichten, während in der salzarmen östlichen Ostsee Fischeier nur noch an wenigen tiefen Stellen in den dort angehäuften salzreichen Wasserschichten über dem Boden sich vorfinden. Auch spielen bei der vertikalen Verbreitung der Fischeier die Strömungsverhältnisse eine bedeutende Rolle. Quantitative Untersuchungen ergaben für die Verbreitung einige interessante Zahlen. Hiernach wurden in der Nordsee unter anderem pro Quadratmeter Meeresfläche gefangen im Maximum an Eiern der Kliesche

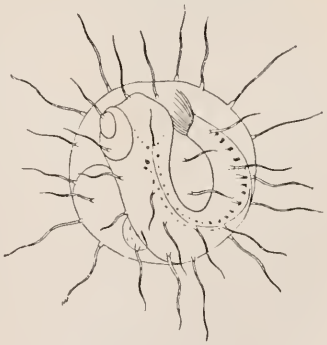

Fig. 39. Scomberesocidenei. (Nach Lohmann.)

(Pleuronectes limanda L.) etwa 1000, vom Dorsch (Gadus morrhua L.) 377, vom Steinbutt (Rhombus maximus L.) 36, Scholle (Pleuronectes platessa L.) 576, vom Sprott (Clupea sprattus L.) 433, von der Makrele (Scomber scomber L.) 153 usw. Die Methoden der Planktonforschung gewinnen für die Seefischerei eine große Bedeutung, da man nur auf Grund einer genauen Kenntnis der Verbreitung und Menge der Fischeier einen sicheren Rückschluß auf die Laichplätze, Laichzeiten und die Menge, in der die Nutzfische die Meere bevölkern, ziehen kann.

Die meisten Fische kümmern sich nach der Laichabgabe nicht weiter um das Schicksal ihrer Eier und Nachkommenschaft. Ja, es gibt nicht wenige, die an ihren eigenen Laichprodukten Kannibalismus ausüben, indem sie dieselben gerne verzehren. Die Laichfische müssen daher, wo es geht, rechtzeitig entfernt werden (z. B. Karpfen u. a.).

Im Gegensatz zu diesen Fischen treten eine Reihe von marinen und Süßwasserfischen auf, welche ihrem Gelege und ihrer Nachkommenschaft eine besondere Sorge angedeihen lassen. Sie bauen mehr oder weniger kunstvolle Nester zur Aufnahme der Eier und üben eine oft sehr intensive B r u t p f l e g e aus, welche bei einigen Arten so weit geht, daß sie ihre ausgeschlüpfte Brut noch längere Zeit herumführen und gegen jeden Feind (s. Fig. 40) beschützen. Andere verbergen die Eier in eigenen körperlichen Behältern (Bruttaschen, Maul), in denen sie bis zur vollständigen Entwicklung des Embryos verbleiben und die selbst von den jungen Fischchen bei drohender Gefahr noch lange aufgesucht werden. Auffallenderweise sind es im allgemeinen besonders die Männchen, die sich der Brutpflege widmen. Nur in einigen wenigen Fällen übernehmen auch die Weibchen die Sorge um die Nachkommenschaft (Solenostoma, Chaetostomus, Aspredo).

Wenn wir zunächst unsere einheimischen Süßwasserfische betrachten, so üben schon die Forellen, wenn auch in primitivster Weise, eine Art Brutpflege aus, indem sie ihren Laich in Sand- oder Steingruben am Grunde der Gewässer absetzen und diese wieder mit Sand und kleinen Steinen zudecken. Damit ist allerdings die ganze Brutpflege beendet und die Eier werden ihrem eigenen Schicksale weiter überlassen.

Vollkommener ausgebildet ist die Brutpflege schon beim Kaulkopf (Cottus gobio L.) und Zander (Lucioperca sandra Cuv. u. Val.) Die Männchen der ersteren bauen ein einfaches Nest aus Steinchen, und der Laich wird ebenfalls von diesen sehr energisch bewacht. In ähnlicher Weise verteidigt das Weibchen des Zanders die in eine primitive Grube abgelegten Eier. Der interessanteste und zugleich wohl vollkommenste Fall von Brutpflege findet sich beim Stichling (Gasterosteus). Das Männchen baut zur Laichzeit aus Pflanzenteilen ein sehr kunstvolles und festes Nest, dessen Bestandteile mittels Schleimfäden, die ein Sekret seiner Niere darstellen und im Wasser erhärten, fest miteinander verbunden werden. Das walnuß-

große Nest wird durch Einzwängung des Kopfes bis zu den Brustflossen ausgehöhlt, dadurch vergrößert und erhält zum Schlusse zwei Öffnungen. Das vollendete Nest wird oft bis zur Laichabgabe einen Monat lang bewacht, instand gehalten und vermittels „Spielen" der Brustflossen durchlüftet, als ob es bereits besetzt wäre. In dieses lockt das Männchen nacheinander einige Weibchen, befruchtet deren Eier und nun beginnt die eigentliche Brutpflege. Das Männchen schließt die eine Öffnung des Nestes und stellt sich vor der anderen als Wachtposten auf, um jeden nahenden Feind durch

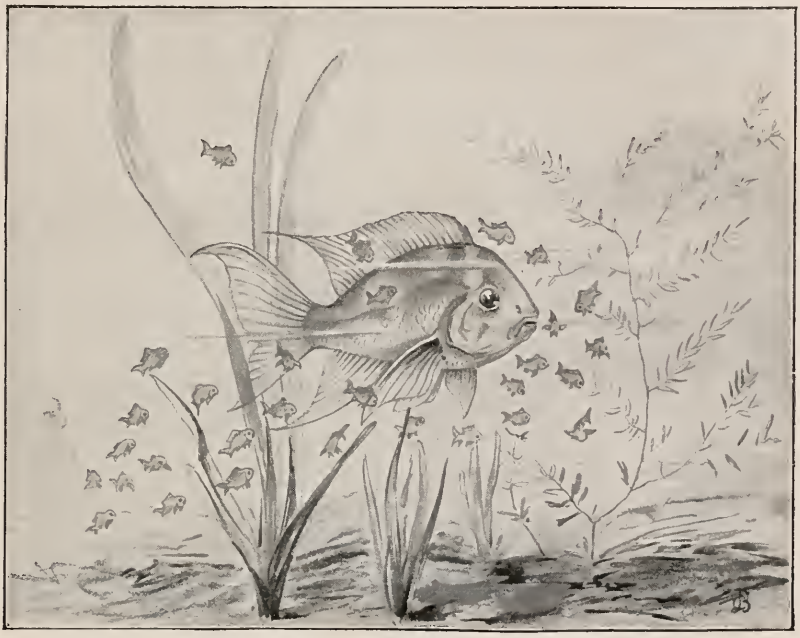

Fig. 40. Geophagus brachyurus, Männchen mit Jungen. (Aus Thesing.)

heftigen Angriff zu vertreiben. Dabei wird durch emsiges „Spiel" der Flossen dem im Nest befindlichen Laich stets frisches Wasser und damit neuer Sauerstoff zugeführt. Nach dem Ausschlüpfen der Jungen hütet das Männchen dieselben noch einige Tage und bringt die anfangs noch sehr hilflosen Tiere im Maul ins Nest zurück. Ähnlich wie der gewöhnliche Stichling baut auch der Seestichling (Gasterosteus spinachia L.) ein Nest. Die Männchen dieser Art spinnen im April und Mai Algenbüschel zu Nestern zusammen, in welche die Weibchen ihre nußgroßen Klümpchen der gelbgefärbten Eier legen (s. Fig. 41).

Sehr interessante Fälle von Brutpflege finden wir bei den fremdländischen Zierfischen. Hier sind es wieder an erster Stelle die Labyrinthfische, zu denen die Makropoden, Betta, Ctenops, Polyacanthus, Osphromenus, Trichogaster u. a. gehören, die schon seit langem die Aufmerksamkeit der Züchter

erregten. Diese meist aus Indien, einzelne auch aus China, stammenden Fische bauen zur Laichzeit an der Oberfläche des Wassers sogenannte Schaumnester, welche sie dadurch erzeugen, daß sie Luft an der Wasseroberfläche einnehmen, diese im Maule mit einem speichelförmigen Sekrete umgeben und hierauf die mit dieser Masse umgebenen Luftbläschen an die Oberfläche des Wassers speien, so daß nach und nach an dieser Stelle ein Schaumblasenhaufen, ein Schaumnest, entsteht, das im Durchmesser

Fig. 41. Eiernest vom Seestichling (Gasterosteus spinachia L.). (Nach Ehrenbaum.)

bis 10 cm mißt und etwas über das Wasser hervorragt. In dieses Schaumnest werden die befruchteten Eier abgelegt und nunmehr vom Männchen eifrig behütet und verteidigt. Während dieser Zeit erneuert es auch fortwährend die zergangenen Luftblasen, wodurch den Eiern sowohl frisches Wasser als Luft zugeführt wird. Nach 36—48 Stunden schlüpfen die jungen Fischchen aus und bleiben im Nest hängen. Das Männchen erneuert das sich immer mehr zersetzende Nest, sammelt die aus dem Nest gefallenen Jungen und speit sie zu den anderen zurück. Nach acht Tagen beginnt das Nest sich aufzulösen und die jungen Tiere gehen allein auf Nahrungssuche aus. Damit ist die Vatertreue beendet.

Über die biologische Bedeutung des Schaumnestes hat Köhler Untersuchungen angestellt und kommt zum Schlusse, daß dasselbe keine eigentliche „Kinderwiege" darstelle oder als Sauerstoffspeicher diene, sondern als Schutzeinrichtung gegen allzu starke Licht- und Wärmeeinflüsse anzusehen sei, indem den Blasen eine optische Wirkung als lichtzerstreuende Linsen zukomme. Auch Roth schließt sich dieser Deutung an, wenngleich er die Eigenschaft des Nestes als Wärmeschutzapparat ausgeschaltet sehen will. Der Hauptzweck des Nestes besteht seiner Ansicht nach im Schutz vor greller Sonnenbelichtung; das Nest wirkt sozusagen als „Sonnenschirm". Im weiteren konnte Treschow nachweisen, daß an den Blasenrändern eine große Anzahl von schädlichen Wasserbakterien festgehalten werden und hier zugrunde gehen, was Roth ebenfalls bestätigt. Letzterer mißt dem die Bläschenhaut umgebenden Sekret eine konservierende, sogenannte antifermentative oder fäulniswidrige Wirkung zu, „denn sonst würden zweifellos die Schaumbläschen binnen kürzester Zeit dem zerstörenden Einfluß der Bakterien erliegen bzw. in Fäulnis übergehen".

Schaumnester sind außer bei den obengenannten Fischen noch ferner bei einem Welse (Hoplosternum) und dem Characiniden Sarcodaces odoë bekannt geworden. Gewöhnliche, d. h. primitive Nester (Einsenkungen im Boden mit vereinzelten Pflanzenteilen) besitzen außerdem die beiden Welse Doras und Callichthys, ferner Aspro zingel (Zingel), von marinen Vertretern die Meergrundeln (Gobiiden), Schleimfische (Blenniiden), Lumpfisch (Cyclopterus) u. a. Unter den Ganoiden bauen die Männchen vom Schlammfisch (Amia) ein einfaches Nest und bewachen dasselbe. In ähnlicher Weise legt der amerikanische Schuppenmolch (Lepidosiren) seine Eier in eine horizontale, mit der Oberfläche des Flußbodens durch einen vertikalen Gang in Verbindung stehende Höhle an. Das Männchen beschützt die Eier, wobei an seinen hinteren Flossen temporär lange, fadenförmige, gefäßreiche Anhänge auftreten, welche wahrscheinlich zur Atmung dienen.

Sehr interessant ist auch das Brutgeschäft bzw. die Brutpflege der als Zierfische geschätzten Cichliden (Geophagus, Tilapia, Heros, Acara, Cichlasoma u. a.). Diese Fische bauen im Sande Gruben, in welche sie ihre Eier legen und die sie unter beständigem Fächeln ihrer Brustflossen mit frischem Sauerstoff versehen. Von Zeit zu Zeit fertigen diese Tiere auch noch weitere derartige Gruben im Sande an, um ihre Jungen hierin „umzubetten". Die Jungtiere werden, selbst nachdem sie das Nest schon verlassen haben, noch längere Zeit von den Elterntieren geführt und am Abend in die Nester zurückgebracht, woselbst sie bewacht werden (Schreitmüller). Eine besondere Brutpflege übt unter diesen Fischen der Maulbrüter (Paratilapia) aus. Wie schon der Name sagt, pflegt das Weibchen dieses Fisches seinen Laich nach dem Absetzen in das Maul aufzunehmen und unter steter Bewegung und Wendung so lange hier zu belassen, bis die jungen Fischchen

die Eischale verlassen haben. Sie werden hierauf von der Mutter herumgeführt, ängstlich behütet und flüchten bei drohender Gefahr sofort in das Maul der Mutter zurück. Das Weibchen sieht dann eigenartig aus, zumal die das Maul bzw. den Kehlsack füllenden Jungen die Kehle des Muttertieres unförmlich erweitern. So wird von einem Bewohner des See Tiberias, Chromis pater familias, berichtet, daß die Männchen oft bis 200 Embryonen in ihrem Maule beherbergen. Zu den Maulbrütern gehören ferner einige Welse (Arius) und insbesondere zwei tropische Barscharten, Apogon und Chilodipterus (s. Fig. 42). Andere Fische (Nerophis, Gastrotoceus, Phyllopteryx) benutzen als Brutbehälter ihre eigene Körperhaut, indem die Männchen sich die Eier an die weiche Bauchhaut ankleben. Beim Froschfisch (Aspredo laevis) weist das Weibchen am Bauche eine schwammige Schicht auf, in welche das Tier die auf den Grund des Wassers abgesetzten Eier hineindrückt. Hierauf wächst jedem einzelnen Ei ein stielartiges Gebilde entgegen, in welches ernährende Blutgefäße eintreten; nach Entwicklung des Embryos werden Stiele und Schwammschicht wieder rückgebildet. In ähnlicher Weise besitzt der zur Familie der Seenadeln gehörende Dorichthys in seiner Bauchhaut eine flache Grube zur Aufnahme der vom Weibchen gelegten Eier. Bei dem im Indischen Ozean vorkommenden Solenostoma wird der Laich vom Weibchen zwischen den zusammengewachsenen Bauchflossen getragen.

Bei den Seenadeln (Syngnathus) und Seepferdchen (Hippocampus) übt ebenfalls das Männchen die Brutpflege aus. Bei den Seenadeln bilden sich an der Unterseite des Schwanzes zwei beständige Seitenfalten, welche den Brutraum begrenzen. Die Eier werden vom Weibchen, nachdem sich die Geschlechter bei der Paarung S-förmig umschlungen haben, vermittels der Analpapille in das vordere Ende des Brutraumes hineingebracht und während der Ablage befruchtet (s. Fig. 43). Nach der Begattung werden die Eier durch schnellende Bewegungen des Männchens nach hinten in den Brutraum befördert und dadurch Raum zur Aufnahme weiterer Eier geschaffen (G u d g e r). Bei den Seepferdchen verwachsen die den Brutraum umgrenzenden Falten zu einem geschlossenen Sacke, welcher vorne mit einer neben dem After liegenden Öffnung, in welche auch die Urogenitalöffnung mündet, versehen ist (s. Fig. 44). Nach F a n z a g o werden bei einer einzelnen Kopulation immer nur wenige Eier in die Bruttasche gebracht. Diese wird erst innerhalb von drei und mehr Tagen angefüllt, wobei mehrere Weibchen nacheinander dasselbe Männchen benutzen. Sind die Eier abgelegt, so schließen sich, wie schon erwähnt, die Deckfalten der Bruttaschen über ihnen in wasserdichter Weise. Im Innern entwickelt sich hierauf eine wabige Schicht von blutgefäßreichem Bindegewebe derart, daß jedes Ei in einer besonderen Wabe isoliert und unverrückbar fixiert wird (D u n c k e r). Wahrscheinlich dient diese Einrichtung zur Ernährung der Embryonen,

ähnlich wie Peterson eine solche bei Siphonostoma mittels Diffusion aus dem Blute der Mutter durch die verdünnte Wand der Brutkammer hindurch annimmt. Nach Resorption des Dottersackes verlassen die Jungen die Bruttasche, indem sich die Mittelnaht derselben öffnet, durch einfaches Herausfallen, und kehren nicht mehr zurück. Daher ist die Angabe, daß die Jungen bei Gefahr in der Bruttasche des Vaters Schutz suchen, als Fabel zu betrachten.

Zum Schlusse möchte ich noch eine besondere Art von Brutpflege erwähnen. Wir wissen nämlich von einigen Fischen, daß sie ihre Eier im

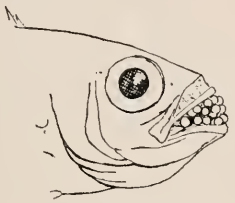

Fig. 42. Chilodipterus mit Eiern im Maul. (Nach Weber.)

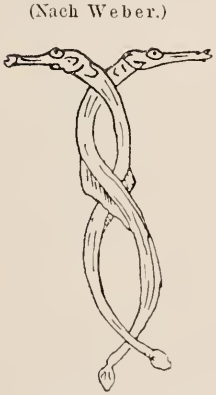

Fig. 43. Seenadeln (Syngnatus) in Kopulation.

Fig. 44. Seepferdchen (Hippocampus), ♂ mit Bruttasche (*Brt*). (Nach Claus-Grobben.)

Inneren von Muschelschalen, Wurmröhren usw. ablegen und sie daselbst bewachen. Das bekannteste Beispiel dafür ist der Bitterling (Rhodeus amarus Bl.). Das Weibchen entwickelt zur Laichzeit eine etwa 5 cm lange rötliche Legeröhre und legt mittels derselben ungefähr 30—40 dotterreiche Eier in die Kiemenhöhle der Fluß- oder Teichmuschel, worin sie durch den mit dem Wasserstrome eintretenden Samen befruchtet werden. Die Eier entwickeln sich in den Kiemenkammern und die Jungen verlassen dieselben erst, nachdem sie eine Länge von 10 mm erreicht haben. Ähnlich wie der Stichling vertrauen auch einige Seefische, wie z. B. der Butterfisch (Pholis gunellus L.) den Austerschalen ihre Geschlechtsprodukte an.

Nestbau, Aufnahme der Eier in körperliche Brutbehälter sichern die Entwicklung der Eier bis zu einem bestimmten Grade. In direktem Zu-

sammenhange damit steht ja auch die Zahl der abgelegten Eier. Je intensiver die Brutpflege, desto geringer die Eizahl (s. S. 69). Den höchsten Entwicklungsgrad von Brutpflege und daher die kleinste Anzahl von Eiern sehen wir in der Viviparität ausgeprägt. Man pflegt dieselbe auch im Gegensatz zur äußeren Brutpflege (Nestbau, Brutbehälter usw.) als innere Brutpflege zu bezeichnen. In den meisten Fällen bildet die Leibeshöhle oder die erweiterten Genitalschläuche nur eine schützende Hülle, ohne den Embryo speziell zu ernähren. Dagegen konnte bei der Aalmutter (Zoarces) und den Embiotociden die Höhle des Eierstockes mit einer Nährflüssigkeit angefüllt gefunden werden, welche von den Embryonen verschluckt wird.

Auch bei Anableps sollen an dem Dottersacke Zotten nachgewiesen worden sein, die zum Einsaugen einer von den Eierstockwänden ausgeschiedenen Nährflüssigkeit dienen. Eine eigentliche Plazentarbildung kommt den beiden Selachiern Mustelus laevis R. und Carcharias zu: es treten nämlich an der Oberfläche des gefäßreichen Dottersackes in einer bestimmten Region Papillen auf, welche ihrer Anordnung nach an die zu Bündeln vereinigten Zotten der cotyledonen Plazenta der Wiederkäuer erinnern und in die Vertiefungen der Uteruswand hineinragen. Es entsteht die sogenannte Dotterplazenta, mittels welcher der Embryo aus dem mütterlichen Blute Sauerstoff und Nährsäfte bezieht. Bei einem Rochen (Pteroplatea micrura Bl. Schn.) bildet ferner die Schleimhaut des Uterus Zotten, welche durch die weiten Spritzlöcher des Embryo in dessen Schlund hineinragen und ihr Sekret direkt in die Speiseröhre des Embryo ausscheiden (Schimkewitsch).

Die Entwicklung des befruchteten Fischeies ist ähnlich wie der erwachsene Fisch selbst von bestimmten äußeren Lebensbedingungen abhängig, ohne die es nicht zur normalen Entwicklung gelangen kann. Es bedarf einer gewissen Temperatur, es benötigt reichlichen Sauerstoff, auch nimmt es Wasser auf, welches in bestimmten Fällen einen gewissen Salzgehalt innehaben muß. Derselbe wirkt, abgesehen von der Verbreitung, auch auf die Größenverhältnisse des Eies ein. So sind bei den meisten Fischen der Ostsee die Eier größer als die der Nordsee, was die Vermutung nahelegt, daß die Eier auf osmotischem Wege Wasser aufnehmen, sobald sie aus salzreicherem in salzärmeres Wasser getrieben werden. Von wesentlichstem Einfluß auf die Entwicklung bzw. Dauer derselben ist die Temperatur des Wassers. Diese Frage hat besonders für die praktische Fischzucht ein großes Interesse, da der Züchter den Zeitpunkt des Ausschlüpfens der Brut genau kennen muß. Die Entwicklungsdauer ist für die meisten Nutzfische bekannt geworden oder kann leicht eruiert werden. Sie beträgt bei karpfenartigen Fischen (Cypriniden) durchschnittlich nur eine Woche, bei den Salmoniden zwei bis drei Monate. Man berechnet sie

nach Tagesgraden, indem man die mittlere Temperatur des Wassers mit der Zahl der Tage, welche die Entwicklung braucht (Inkubationsdauer), multipliziert. So braucht z. B. die Forelle etwa 410 Tagesgrade, entwickelt sich also, wenn die Wassertemperatur z. B.

2° C	beträgt,	in	205	Tagen	= etwa	7	Monate,
5° C	„	„	82	„	= „	2	„ 20 Tage,
10° C	„	„	41	„	= „	1	Monat 10 Tage.

Auch für die marinen Nutzfische liegen Daten vor. Während man bei Süßwasserfischen bei der Berechnung der Entwicklungsdauer von der Temperaturgrenze von 0° C ausgeht, muß aber bei Seefischen mit Rücksichtnahme auf den Salzgehalt des Meerwassers von einer niedrigeren Temperatur ausgegangen werden. Diese „Schwelle" liegt z. B. beim Dorsch (Gadus morrhua L.) bei — 3,6° C, beim Goldbutt (Pleuronectes platessa L.) bei — 2,4° C, der Flunder (Pleuronectes flesus L.) bei — 1,8° C. Auf diese Weise betragen z. B. nach Reibisch beim:

Goldbutt:

bei einer Temperatur:	die Tagesgrade:	die Inkubationsdauer:
6° C	153,3	18 1/3 Tage
8° C	149,1	14 1/3 „
10° C	148,8	12 „
12° C	151,2	10 1/2 „

Dorsch:

3° C	151,8	23 Tage
5° C	159,5	18 1/2 „
8° C	147,9	12 2/3 „
10° C	142,8	10 1/2 „
12° C	150,8	9 2/3 „
14° C	149,6	8 1/2 „

Man kann nach Heincke, die Konstanz der Tagesgrade für jede Fischspezies vorausgesetzt, auch die Dauer der Entwicklung der Eier in den verschiedenen Meeresteilen und zu den verschiedenen Jahreszeiten berechnen, wenn die mittlere Wassertemperatur für diese Zeit bekannt ist. Es läßt sich dann auch feststellen, zu welcher Zeit irgendwo auf hoher See gefischte Eier abgelegt worden sind.

Auf die einzelnen Phasen der Entwicklung kann hier nicht näher eingegangen werden. Der Embryo entwickelt sich auf dem Nahrungsdotter und umwächst ihn mit seinen Bauchwänden allmählich so, daß er in die

Leibeshöhle aufgenommen wird. Doch wird zum eigentlichen Aufbau nur ein geringer Teil verwendet, während der andere Teil dem jungen Fischchen als Reservestoff in Gestalt eines Dottersackes mitgegeben wird. Derselbe kann oft so bedeutend sein, daß er an dem Leibe eine Art Bruchsack bildet. Auch wechselt er sehr an Gestalt; bei den Lachsen ist er z. B. ein zipfelförmig nach hinten gezogener Beutel, beim Hecht ist er rund, beim Bitterling (Rhodeus amarus Bl.) länglich, mit zwei kurzen runden Zipfeln versehen usw. Junge ausgeschlüpfte Fischchen sinken in der durch die Lage des Dottersackes bestimmten Stellung nach abwärts. Mit zunehmender Resorption des Dottersackes geht der anfangs stabile Zustand in den labilen über und die Tiere bedürfen nunmehr eigener aktiver Bewegungen zur Erhaltung desselben.

Die jungen Fischchen pflegt man allgemein als Larven zu bezeichnen. Der Begriff „Larve" ist zwar morphologisch ein dehnbarer, kann indes richtig nur dort angewendet werden, wenn das junge Tier vom Elterntier in seiner Organisation wesentlich abweicht und sich einer Metamorphose unterziehen muß, um den elterlichen Formzustand zu erreichen. Als echte Fischlarven können wir aus diesem Grunde nur drei Formen ansprechen: die Larve der Neunaugen (Petromyzonten), die des Aales (Anquilla) und jene der Plattfische (Pleuronektiden). Die Larve des Neunauges war lange Zeit verkannt und als eigene Spezies (Ammocoetes branchialis Cuv.) beschrieben worden. Sie unterscheidet sich vom erwachsenen Tier durch den zusammenhängenden Flossensaum, die funktionsunfähigen Augen und den zahnlosen Mund. Nicht minder weicht die innere Organisation ab. In diesem Zustande lebt die Larve drei bis fünf Jahre lang, stets im Schlamm eingebohrt. Die Metamorphose geht nach dieser Zeit sehr rasch vor sich und vollzieht sich durch das Erscheinen der Augen, das Auswachsen des Mundes zu einem Saugmunde mit Hornzähnen und durch Trennung der einzelnen Flossenabteilungen. Zu den inneren Veränderungen gehören die Ausbildung des Zungenstempels mit seiner Bewaffnung, die Entwicklung der Geschlechtsorgane und die Neubildung eines Schlundes. Auch tritt an Stelle einer ruhigen verborgenen die parasitäre Lebensweise (s. S. 160). Ähnlich wie der Neunaugenlarve erging es jener des Aales. Sie wurde lange Zeit als eine eigene Art (Leptocephalus brevirostris) gehalten und beschrieben; erst Grassi gelang es (1893), ihre Abkunft endgültig festzustellen. Die glashelle, etwa 10 cm lange Larve besitzt die Gestalt eines Oleanderblattes, einen auffallend kleinen Kopf und läßt die Wirbelsäule noch vollständig vermissen. Sie lebt am Grunde des Ozeans, über den Laichplätzen schwebend, gehört also zu den bathypelagischen Formen. Später wandert sie nach den oberen Wasserschichten und hält sich namentlich in den nordischen Meeren in etwa 100 m Tiefe schwebend auf; bei Nacht kommt sie gelegentlich an die Oberfläche. In den nordischen Meeren hat der Leptocephalus mit etwa

7,5 cm den Höhepunkt seiner Entwicklung erreicht (Monat Juni) und beginnt seine Metamorphose, die bis zum Mai des nächsten Jahres dauert. Nach Schmidt unterscheidet man sechs Stadien der Metamorphose, welche eine Reduktion der Körperhöhe auf Kosten eines Dickenwachstums mit Pigmentierung in sich fassen. Das letzte oder sechste Stadium bildet der sogenannte Glasaal, welcher namentlich unter dem Namen „Montée" aus den Küsten und Flußmündungen weit bekannt ist und bereits in hohem Maße dem erwachsenen Aale ähnelt. Seine Verfärbung ist fast vollendet, indem an seinem ganzen Körper dunkles Pigment aufgetreten und die frühere Durchsichtigkeit vollständig geschwunden ist. In diesem Zustande begeben sich die kleinen Aale in großen Scharen auf die Wanderung; sie verlassen das Meer und steigen in den Flüssen auf. Dabei überwinden sie

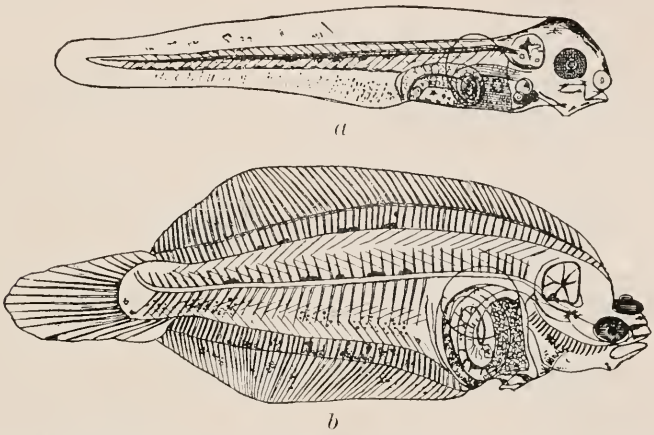

Fig. 45. Entwicklung von Pleuronectes platessa L. (Nach Ehrenbaum.)
a Larve nach Resorption des Dottersackes (Länge 7,5 mm); *b* ältere Larve mit dem Auge auf der Kante (Länge 14,8 mm).

bekanntermaßen die schwierigsten Hindernisse, schlängeln sich über schlüpfrige Wehre und erklettern steile Wände. Sie werden auf ihren Wanderungen zu Millionen gefangen und sind als Delikatesse sehr geschätzt.

Zu den Fischen mit Metamorphose gehören schließlich die Plattfische (Pleuronektiden). Die jungen Fischchen verlassen als vollkommen symmetrische Tiere das Ei. Sie sind von glasheller Durchsichtigkeit, schlanker Gestalt und als echte pelagische Organismen gewandte Schwimmer. Allmählich tritt eine Veränderung der Lebensweise ein; das Tier wird zum Bodenbewohner und verlernt das Schwimmen. Hand in Hand damit geht eine Abflachung des Körpers und zugleich die Wanderung des einen Auges über die Rückenseite des Kopfes auf die andere Körperseite (s. Fig. 45). Mit Recht weist Thilo darauf hin, daß die Schollen von vollkommen bilateralen Vorfahren abstammen. Letztere gerieten allmählich auf den flachen Sand des Meeresbodens und legten sich, da ihnen hier jede Stütze

fehlte, auf die Seite. Sie bildeten sich hier zu Seitenschwimmern aus und erfuhren jene durchgreifenden Veränderungen, wie sie sich noch heute bei den Jugendformen abspielen.

Was nun die Jugendformen aller anderen Fische betrifft, so ist man eigentlich keineswegs berechtigt, sie als echte Larven anzusehen, wenngleich sie sich in mancher Weise von den erwachsenen Tieren unterscheiden. Diese Abweichungen sind meist Einrichtungen, welche als Anpassungen an die pelagische Lebensweise der Jungfische zu deuten sind. Als auffallendste Anpassung an das Schweben werden die breiten, an die Flügel exotischer Falter erinnernden Flossen des jungen Anglers (Lophius) angesehen (S t e u e r). (S. Fig. 46.) Gegen diese Auffassung wendet sich neuer-

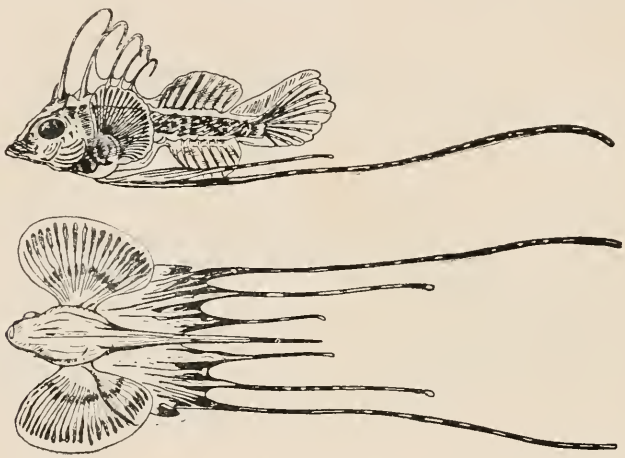

Fig. 46. Larve von Lophius piscatorius L. von 30 mm Länge, von der Seite und von oben gesehen (Nach A g a s s i z aus Ehrenbaum.)

dings S t i a s n y und glaubt, daß man es in Anbetracht der kurzen pelagischen Lebensweise des Jungfisches vielmehr mit einer phylogenetischen Reminiszenz zu tun habe, die zwar noch festgehalten wurde, aber unter den gegenwärtigen Verhältnissen für den Fisch keine Bedeutung mehr hat. Eine flügelartige Verbreitung der Brustflossen besitzen ferner auch die Jungfische der Knurrhähne (Trigla). Bei vielen jungen Fischen finden wir noch Oberflächenvergrößerung in Gestalt von Stacheln oder Knochenfortsätzen, welche, wie bei Planktontieren, zur Erhöhung der Schwebefähigkeit dienen. Als Beispiel sei der Jungfisch vom Sonnenfisch (Orthagoriscus) erwähnt, welcher an den verschiedensten Teilen seines Körpers kegelförmige Stacheln und Dornen besitzt. Hierher sind auch die stäbchenförmigen Gestalten der Seenadeljungen (Syngnathus) zu rechnen.

Die pelagischen Jungfische finden sich, ebenso wie die planktonischen Eier, hauptsächlich in den oberflächlichsten Wasserschichten. Sie sind meist durchsichtig, hyalin und besitzen darin eine wichtige Schutzfärbung

gegen ihre Feinde (s. S. 147). Mit fortschreitendem Alter treten Pigmentfärbungen auf und zwingen die Tiere, tiefere Wasserschichten aufzusuchen.

Aus dem Umstande, daß sich das Augenpigment einer Anzahl von Tiefseefischen (z. B. Argyropelecus) in der Jugend in Lichtstellung, im Alter dagegen in Dunkelstellung befindet, schließt Brauer, daß diese Fische ihre Entwicklung in den oberen belichteten Meeresschichten durchmachen und erst später die dunklen Regionen zum ständigen Aufenthalt wählen. Diese Annahme findet in neuester Zeit durch die Michael-Sars-Expedition eine glänzende Bestätigung. Auch dieser gelang es, die kristallklaren Jugendstadien von sonst typischen, schwarz gefärbten Tiefseebewohnern (Gonostoma, Macrurus, Vinciguerria u. a.) in oberflächlichen Schichten zu erbeuten.

Zum Schlusse möchte ich noch kurz einige Untersuchungen erwähnen, die Franz zur Biologie der Fischlarven angestellt hat. Sie beziehen sich auf das spezifische Gewicht, Osmotik und die Reaktion lebender Fischlarven auf verschiedene Salzgehalte. Ohne hier auf die Versuchsanstellung näher einzugehen, hebe ich das Resultat hervor, daß das spezifische Gewicht der planktonischen Fischlarven in hohem Grade nach der Spezies variiert und es vermutlich Formen gibt, die schon von frühester Jugend an am Boden oder in großen Tiefen leben.

In bezug auf die Osmose will Franz ermittelt haben, daß die Larven, obwohl sie äußerst zarte Tierchen sind, osmotisch unabhängig dastehen. Durch Steigerung des Salzgehaltes konnte eine gesteigerte Erregbarkeit („Epäresis") erzielt werden, durch welche der Phototropismus (s. S. 92) der Larven erhöht ist. Wie bei erwachsenen Fischen, so hält der Autor auch bei Jungfischen die Phototaxis nur für ein Kunstprodukt des Laboratoriums. „Sie ist keine einfache Reaktion, sondern eine höchst komplizierte, keine primäre Erscheinung, sondern eine sekundäre. Sie ist das Produkt normaler Reflexe unter abnormen Bedingungen. Sie ist immer die Folge einer Erregung, ein Fliehenwollen vor Gefahr."

2. Schwarmbildung und Wanderungen der Fische.

Mit der Fortpflanzung der Fische steht das Phänomen der Vergesellschaftung derselben sowie jenes der Wanderungen in engstem Zusammenhange.

Die Eiablage der meisten Fische findet in dichtgedrängter Weise an einem Orte statt, die jung ausgeschlüpfte Brut findet sich infolgedessen in größeren oder geringeren Schwärmen beieinander. Die durch Familienbande verknüpften Individuen können nunmehr in dauernder Gemeinschaft miteinander bleiben, wie das z. B. bei den karpfenartigen Fischen (Cypriniden) oft der Fall ist, oder aber die Schwärme erhalten sich nur kurze Zeit,

zerfallen meist, sobald das selbständige Jagen nach Beute sich entwickelt hat und schließen sich dann zur Laichzeit wieder für kurze Zeit zusammen (Salmoniden). Schiemenz unterscheidet Geschlechts-, Familien-, Ernährungs-, Winter- und Wanderschwärme. Als Geschlechtsschwärme sind vornehmlich die Vergesellschaftungen von Strandfischen, wie Cypriniden (Karpfen, Schleien, Brachsen, Plötzen), zu deuten, die sich besonders in Seen in großer Zahl zusammenfinden, um dem Laichakte obzuliegen. Man kann dann bei Tagesanbruch an seichteren Seepartien die Fische oft in großen Scharen beisammen und das Wasser vom Sperma weithin milchig getrübt sehen. Familienschwärme ergeben sich aus der Sorge der Elternfische um ihre Brut (s. S. 112). Sie können in kurzer Zeit der Auflösung anheimfallen, oder auch, wie dies bei den karpfenartigen Fischen (Cypriniden) der Fall ist, mehrere Jahre andauern. In anderen Fällen ist es gerade die Nahrung, die große Scharen von Fischen zu Schwärmen vereinigen kann. Das gilt hauptsächlich von den Planktonfressern (Coregonen, Heringen), deren Standorte sich nach der jeweiligen vertikalen Verbreitung des Planktons richten (s. S. 141). Winterschwärme kommen bei den Friedfischen (Cypriniden, Schollen) bei Eintritt der kalten Jahreszeit in den Winterquartieren zustande (s. S. 84). Die wichtigste Vergesellschaftung von Fischen kommt in den Wanderschwärmen zum Ausdrucke. Wir finden sie vor allem bei den heringsartigen Fischen (Clupeiden), wie Heringen, Sprotten, Sardellen, Sardinen, ferner bei den Thunfischen, Makrelen, Stören, beim Lachs und dem Aale. Dem Problem der Fischwanderungen hat man schon lange Zeit große Aufmerksamkeit gewidmet. Dank den unermüdlichen Forschungen der Internationalen Meeresforschung war es möglich, manch wichtige Frage einer glücklichen Lösung entgegenzuführen, ohne daß es aber gelungen wäre, das Problem zu erschöpfen. In dieser Richtung hat die Internationale Meeresforschung noch ein fruchtbares Feld von Tätigkeit vor sich. Die Wanderungen der Fische spielen im wirtschaftlichen Leben eine außerordentliche Rolle, da Tausende von Menschen in der Fischerei ihren Lebensunterhalt finden. So hat z. B. vor einigen Jahren das Ausbleiben der Sardinenschwärme an der französischen Küste unter den dortigen Fischern großes Elend hervorgerufen.

Um sich ein vollständiges Bild von den Wanderungen, ihrer Herkunft und Ursache, ihrer Richtung und ihrem Ziel zu machen, muß sich die Erforschung nicht bloß auf die laichreifen Fische, sondern auch auf Eier, Larven und Jungfische erstrecken. Die Mittel zur Erforschung sind zweierlei Art, Markierungsversuche und Planktonfänge. Die Markierungsversuche bestehen darin, daß man gefangene lebende Fische mit einer geeigneten Marke (mit Datum, Aussetzungsort usw.) versieht und wieder freiläßt in der Hoffnung, daß sie von Fischern wieder gefangen und gegen Belohnung abgeliefert werden. Messungen, Wiegungen und Altersbestimmungen nach

der Schuppe geben dann gleichzeitig Aufschluß über das Wachstum und die Gewichtszunahme. Die Planktonfänge fördern eine große Zahl von Eiern und Larven zutage. Durch quantitative Ermittlung der pelagischen Eier erhält man einen Aufschluß über die Hauptlaichzeit und das Hauptlaichgebiet eines Fisches (s. S. 111). Zu den Planktonfängen kommen noch Netzfänge auf pelagische Organismen. Schließlich wären noch Trawlzüge auf größere Fische zu erwähnen.

Man kann die Wanderungen der Fische in aktive und passive einteilen. Zu letzteren gehören die vertikalen Eiwanderungen. Wie schon oben des näheren ausgeführt wurde, laichen die meisten Nutzfische des Meeres in Tiefen von 20 bis 40 m, in seltenen Fällen 80—100 m. Alle diese Eier steigen infolge ihres geringen spezifischen Gewichtes an die oberflächlichen Wasserschichten empor und erleiden in der Regel durch Strömungen noch einen weiteren Transport. Mit dem Wachsen des embryonalen Gewebes wächst auch ihr spezifisches Gewicht, und sie sinken nach einiger Zeit wieder in tiefere Schichten hinab. An die Stelle der passiven tritt nunmehr die aktive Wanderung der Larven. Da diese die zu ihrer Entwicklung nötigen Bedingungen nur in den wärmeren und nahrungsreicheren Küstenwässern finden, streben sie bald nach Verlassen des Eies scharenweise den Küsten zu.

Neben den Larvenwanderungen unterscheidet man ferner die Wanderungen der jüngeren Fische. Dieselben sind vorzugsweise Nahrungswanderungen und gleichen nach Bolau einem langsamen Weiterweiden von einem Weideplatze zum anderen, sofern es sich um Friedfische handelt. Ein Einfluß der Salzgehalte auf die Wanderungsbewegungen der nicht laichreifen Fische ist nicht nachgewiesen. Anders steht es mit den Laichwanderungen, welche bei den geschlechtsreifen Individuen zu den Nahrungswanderungen hinzutreten. Es ist z. B. bei der Scholle (Pleuronectes platessa L.) und Flunder (Pleuronectes flesus L.) kein Zweifel, daß diese Fische Laichplätze von relativ höherem Salzgehalt bevorzugen, weshalb in der Nordsee eine Zusammenscharung dieser Tiere nach der südlichen Nordsee, welche einen ständigen Zustrom salzigen Wassers aus dem Kanal vom Golfstrom her bekommt, stattfindet. Die Rückwanderung nach dem Laichen ist bei allen Fischen eine Nahrungswanderung, da die Fische während der ganzen Laichperiode nur sehr wenig oder gar keine Nahrung aufnehmen und daher nach dem Laichen hochgradig abgemagert sind.

Am längsten bekannt sind wohl die Wanderungen der heringsartigen Fische (Clupeiden). So wandert der Hering (Clupea harengus L.) zum Laichen aus dem tiefen Wasser der Hochsee herauf und zur Küste, wo er sich oft in ungeheuren Scharen zusammendrängt. Bekannt ist ja die Bedeutung, welche diese Schwärme für die Küstenbevölkerung Skandinaviens

haben, die in manchen Distrikten ganz vom Heringsfang lebt. In einem solchen Schwarme, „Sildebjerg" genannt, drängen sich Millionen von Fischen zu einer kompakten Masse zusammen, teils unter der Einwirkung ihres stürmischen Wandertriebes, der sie in die engen Fjorde hineintreibt, teils unter der Bedrängung durch die zahlreichen Thunfische, Delphine, Wale und Möwen, welche sie verfolgen. Von diesem Sildebjerg („Heringsberg") der Fjorde unterscheidet der Norweger als „Aater" solche Ansammlungen, die plötzlich mitten auf hoher See aus der Tiefe auftauchen und in ähnlicher Weise durch Schwärme von Möwen verraten werden. In dem großen Gebiet der Nordsee sind nach Heincke zahlreiche Heringsstämme vorhanden, von denen jeder seinen Ausgangspunkt von einem der zahlreichen, über das Gebiet zerstreuten Laichplätze nimmt. Die Schwärme mischen sich, nachdem jeder an einem bestimmten Orte entstanden ist, nicht planlos zu einer unterschiedslosen Masse; die Schwärme bilden vielmehr für sich in einem engen Heimatgebiet eine körperlich wohl charakterisierte und unterscheidbare Rasse, deren Lebensvorgänge jährlich mit immer wiederkehrender Regelmäßigkeit verlaufen. Jedes Individuum trägt den Stempel seiner Rasse in allen Eigenschaften und auf allen Stadien der Entwicklung, wie kürzlich Hjort auf Grund eingehender Heringsschuppenuntersuchungen bestätigen konnte. Die einzelnen Schwärme laichen in ganz verschiedenen Gebieten und zu anderen Zeiten, haben verschiedene Hauptfraßzeiten und sind an verschiedene Nahrungstiere angepaßt. Die Heringseier fallen nach der Ablage zu Boden, wo sie festhaften; die junge Brut hält sich zunächst in der Nähe der Küste auf, um später seewärts eine Rückwanderung ins tiefere Wasser anzutreten.

Ähnlich wie beim Hering konnten auch bei der Scholle (Pleuronectes platessa L.) Duncker und Kyle verschiedene Rassen nachweisen, und zwar eine typische Nordseescholle (mit zwei Lokalrassen der nördlichen und südlichen Nordsee), wie eine solche der Ostsee und schließlich eine eigene Rasse des nördlichen Kattegatts. Alle diese Schollenrassen führen zwar keine derartig ausgedehnten Wanderungen nach Art der Heringe aus, dafür sind dieselben aber von großer Gesetzmäßigkeit. Nachdem die über 40 m Tiefe abgelegten Eier zur Entwicklung gelangt sind, vollführen die jungen, noch symmetrischen Larven eine landwärts gerichtete Wanderung, so daß man sie nach einigen Monaten in der Tidenregion des Strandes in $^1/_2$ bis 5 m Tiefe findet. Mit dem Übergang zur Plattfischform und zum Leben am Boden tritt nunmehr eine Änderung in der Art der Wanderungen ein. Es beginnt von jetzt ab eine langsame, Jahre hindurch ausgedehnte, seewärts gerichtete Wanderung. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß jede Schollengröße im Durchschnitt auf eine bestimmte Tiefenzone beschränkt ist. Die seewärts gerichtete Wanderung ist jedoch keine gleichförmige, sondern sie erfährt jährlich im Winter eine Unterbrechung bzw. Umkehr. Die kleineren Indi-

viduen (bis 19 cm Länge) unterbrechen nämlich ihre Wanderung, vergraben sich tief im Sande und halten hier eine Winterruhe. (Erster Fall von Winterruhe bei Seefischen!) Die älteren und größeren Fische überwintern nicht, sondern treten eine von Ende November bis Januar dauernde Rückwanderung an. Ihrem Beispiele folgen im März und April die aus der Winterruhe „erwachten" kleineren Schollen, indem sie eine landwärts gerichtete Rückwanderung antreten (B o l a u, H e i n c k e).

Dieses periodische Vorwärts- und Rückwärtsfluten der Schollenschwärme dürfte wohl eines der wichtigsten Ergebnisse über die Wanderungen dieses Fisches sein. Die nächste Verwandte der Scholle und zugleich der häufigste Fisch in der Nordsee, die K l i e s c h e (Pleuronectes limanda L.), ist kein Wanderfisch, sondern muß, da nach H e i n c k e sämtliche Entwicklungsstufen vom Ei bis zum fortpflanzungsfähigen Fisch über den größten Teil des Nordseebodens überall, mit Ausnahme der ganz flachen Strandzone, gleichmäßig und nebeneinander verbreitet sind, als Standfisch bezeichnet werden.

Denselben Namen verdient der D o r s c h (Gadus morrhua G.), welcher nur gewisse beschränkte Wanderungen unternimmt. Dagegen ist der S c h e l l f i s c h (Gadus aeglefinus L.) ein echter Wanderfisch, der weite Reisen unternimmt. Seine Laichstätte befindet sich in der nördlichen Nordsee an allen über 100 m tiefen Stellen. Die im Frühjahr ausschlüpfenden Larven leben zwei Jahre pelagisch und erscheinen erst im dritten Lebensjahre auch in der südlichen Nordsee. Im vierten und fünften Jahre beginnen nach Eintreten der Geschlechtsreife die regelmäßigen und ausgedehnten Laichwanderungen nach den nördlich gelegenen Teilen der Nordsee.

Das wichtigste Resultat, das die internationale Meeresforschung in bezug auf Fischwanderungen zu verzeichnen hat, ist die Ergründung der Lebensgeschichte des A a l e s (Anquilla vulgaris L.). Es war dem dänischen Forscher J o h. S c h m i d t vorbehalten, die Heimat bzw. Laichstätte dieses Fisches in den großen Tiefen des Atlantischen Ozeans (1000 m) zu entdecken. Hier werden die noch unbekannten, bathypelagischen Eier abgelegt. Aus ihnen entstehen dann die schon früher besprochenen Larven (Leptocephali), die unter steter Metamorphose in großen Schwärmen die Wanderung nach den Küsten beginnen und sie als fertige „Montée" erreichen. Von hier dringen die Jungaale in die Flüsse ein. Sie sammeln sich vorher in den Flußmündungen in solch kolossalen Mengen, daß man sie mit Eimern schöpfen kann. Eine Unterscheidung der Geschlechter nach Größenverhältnissen, wie sie B e l l i n i für südliche Brut behauptet hat, ist nach H e i n nicht durchführbar. Auf ihren definitiven Weideplätzen angelangt, beginnen nun die Aale heranzuwachsen und verbleiben nach G e m z o ë 5—$8^1/_2$ (Männchen $5^1/_2$—$6^1/_2$, Weibchen $7^1/_2$—$8^1/_2$) Jahre im Süßwasser. Das jährliche Längenwachstum der Männchen vermindert sich erheblich

mit fünf Jahren (Männchen erreichen höchstens eine Länge von 45 cm), das der Weibchen, die hier doppelt so groß wie die Männchen werden können, erst mit acht Jahren. Die Männchen steigen im Unterlauf der Flüsse in der Regel nur bis etwa 150 km auf. Mit Erreichung der definitiven Geschlechtsgröße tritt eine Verfärbung ein, aus dem „Gelbaale" wird der „Silberaal", welcher sich neben der charakteristischen Silberfärbung durch die Größe seiner Augen auszeichnet. Dieser beginnt die Abwanderung zum Meere und legt im Mittel 14 km in 24 Stunden zurück. Die Weibchen vereinigen sich mit den im Unterlauf der Flüsse harrenden Männchen und begeben sich zu ihren Laichplätzen. Man hat indes weder in der Nordsee, noch auch im Atlantischen Ozean ihre Wanderungen bisher weiter verfolgen können. Desgleichen ist es nicht gelungen, zur Zeit der Abwanderung markierte Aale wiederzufinden, so daß die Annahme berechtigt erscheint, daß die Fische nach Vollendung ihres Laichgeschäftes zugrunde gehen.

Wiewohl der Aal einen großen Teil seines Lebens im Süßwasser zubringt, ist er doch ein ausgesprochener Seefisch. Ähnlich verhält sich die F l u n d e r, (Pleuronectes flesus L.); auch deren eigentliche Heimat ist das Meer. Eine Zeit seines Jugendlebens bringt dieser Fisch ebenfalls in den Flüssen zu, die er erst zur Laichzeit wieder verläßt. Beide Fische unterscheiden sich damit sehr wesentlich von anderen, ebenfalls euryhalinen Fischen, die zwischen Süß- und Salzwasser wechseln, wie z. B. vom L a c h s (Trutta salar L.), der in den Flüssen beheimatet ist und in diesen laicht, während ihm das Meer die Nahrungsquelle ist. Die Laichzeit dieses Fisches fällt in die Monate Oktober bis Januar; schon im Frühjahr und Sommer beginnt in Rudeln von dreißig bis vierzig Stück die Wanderung in kleine Nebenflüsse der Ströme bis hinauf in die Forellenregion (1100 m), wobei alle Hindernisse mit zäher Ausdauer überwunden werden. Während dieser Zeit sollen die Fische, wenigstens in Mitteleuropa, nach M i e s c h e r und Z s c h o k k e keinerlei Nahrung zu sich nehmen. Damit im Gegensatz steht die verbürgte Nachricht, daß im Dunajecflusse (Galizien) die aufsteigenden Lachse mit großem Erfolg geangelt werden! Der Laich wird vom Weibchen in selbstgegrabenen Gruben abgesetzt und mit Kies zugedeckt. Die Männchen fechten in der Nähe der Laichgruben oft harte Kämpfe aus (s. S. 106). Nach beendetem Fortpflanzungsgeschäfte kehren die Fische möglichst rasch ins Meer zurück, um ihrem geschwächten Körper wieder Nahrung zuzuführen. Die ausgeschlüpften jungen „Salmlinge" bleiben durchschnittlich ein Jahr in der Nähe ihrer Geburtsstätte und wandern mit den nächsten Frühjahrshochwässern dem Meere zu, um sich nun bis zur Laichreife in der Nähe und nicht allzuweit von den Mündungen an der Küste aufzuhalten und zu ernähren. Schon nach Verlauf von einem Jahre werden die Männchen geschlechtsreif und beginnen als 1—1½ kg schwere Fische, sogenannte St. Jakobslachse, die Aufwanderung in den Flußlauf. Die Weibchen be-

ginnen ihre Bergwanderung mindestens ein Jahr später, haben also mindestens zwei Jahre im Meere verbracht. Wie durch Schuppenuntersuchungen festgestellt worden ist, steigen dieselben Fische nicht öfter wie dreimal in ihrem Leben in die Flüsse auf. Dabei zeigt sich die interessante Eigentümlichkeit, daß die laichreifen Fische stets an die Stätte ihrer Geburt zurückkehren und fremde Gebiete meiden.

Neben dem Lachs ist die Meerforelle (Trutta trutta L.) der einzige Salmonide, bei dem sich der nach Z s c h o k k e allen Salmoniden in der Glazialperiode innewohnende Wanderungstrieb vollkommen erhalten hat. In beiden Fischen „zittert heute noch am stärksten der Wandertrieb nach, den die Eiszeit erzeugte". Bei allen anderen Salmoniden ist dieser Trieb erloschen oder lebt gewissermaßen nur „rudimentär" fort. So glimmt z. B. bei den Felchen der Seen des nördlichen Alpenrandes der alte Wandertrieb nur noch ganz leise weiter. Es legen die Rheinanken des Traunsees (Coregonus steindachneri Nüssl.) zum Teil wenigstens ihren Laich in der Traun ab, indem sie sich in Schwärmen sammeln, den See durchziehen und in den Fluß einwandern. Zuzeiten können diese Schwärme ungeheure Dimensionen annehmen, wie dies C l o d i vom Jahre 1911 beschreibt. Ähnliche Vorgänge spielen sich in den schweizerischen Gewässern ab. So vereinigen sich etwa gegen Mitte November die Gangfische (Coregonus macrophthalmus Nüssl.) des Bodensees zum massenhaften Zug in den Konstanzer Rhein. Bei den Forellen regt sich bekanntlicherweise besonders in der Seeforelle (Trutta lacustris L.) der alte Trieb zur Laichwanderung, indem diese Fische zur Laichzeit in die ein- oder ausmündenden Bäche oder Flüsse einwandern und nur bei ungünstigen Verhältnissen im See selbst laichen.

Von sonstigen Fischen, welche einen mehr oder minder ausgeprägten Wandertrieb besitzen, seien an dieser Stelle noch die Störarten (Acipenseriden) kurz erwähnt, von denen einige Arten, wie der Hausen (Acipenser huso L.), der Sternhausen (Acipenser stellatus P.) und der Waxdick (Acipenser güldenstaedti Br.) in die Donau wandern, um hier zu laichen.

Im vorstehenden sind in großen Zügen die Wanderungen einzelner Fische berührt worden. Über das Wesen der Wanderungsinstinkte ist noch wenig bekannt. Sicher ist, daß Wasserströmungen, Temperatureinflüsse und Salzgehalt dabei eine große Rolle spielen. Wenn R e i b i s c h annimmt, daß die Richtung, die die Tiere von ihren Laichplätzen aus einschlagen, allein vom Neigungswinkel des Grundes abhängt, so kann es sich hier nur um eine Hypothese handeln. Mehr Wahrscheinlichkeit verdient die Annahme, daß bei den Wanderungen der Geruchssinn eine große Rolle spielt. Dafür spricht die hohe Ausbildung dieses Sinnesorgans, dem ja, wie S. 23 ausgeführt ist, ein „Schmecken" der im Wasser gelösten Stoffe eigen ist. Ferner die Tatsache, daß die Wanderungen auch im Finsteren unter Ausschluß von Lichteindrücken vor sich gehen. Jedem Gewässer

kommt durch die darin gelösten Bodenstoffe ein bestimmtes Gepräge zu, zumal wenn ein Fließwasser aus Urgestein oder Kalkgebirge entspringt.

Im Meere dürfte nach Thierfelder nicht nur der Salzgehalt nach seiner Konzentrierung die Eindrücke auf den Geruchssinn bestimmen, sondern vor allem auch die durch die Art und Menge der Beimischungen bedingte Nuancierung. Es dürfte jedem Meeresteil ein besonderes Milieu anhaften, von dem das eine vielleicht gesucht, das andere gemieden wird.

In neuerer Zeit hat nun Franz auch dem Ortsgedächtnis (s. S. 22) für die Wanderungen eine bedeutende, bisher unberücksichtigt gebliebene Rolle zugewiesen. Wenn der laichreife Lachs zu seiner Geburtsstätte zurückkehrt, so ist sehr wahrscheinlich nebst dem „Heimatgeruche" auch das Gedächtnis im Spiele. Bei der Aallarve läßt uns indes diese Annahme vollkommen im Stiche. Trotzdem zweifelt Jäger nicht, daß dieser spezifische Faktor vorhanden ist, da „sämtliche Lebewesen nicht bloß eine spezifische Organisation, eine spezifische Witterung, sondern auch eine spezifische Lebensbewegung haben", wovon die Aale keine Ausnahme machen können.

3. Variation, Rassenbildung und Vererbung.

Im Jahre 1859 erschien Darwins berühmtes Werk „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl im Kampf ums Dasein" und erregte in Kreisen der Wissenschaft und Praxis berechtigtes Aufsehen. War ja damit, zumal dem Züchter, Anregung gegeben, seine Zucht in neue Bahnen zu lenken. Auch in neuerer Zeit, zumal mit dem Ausbau der Vererbungslehre, hat sich die Biologie aufs neue der Lehre Darwins bemächtigt und sie auf großartige Weise ausgebaut. Darwin ging bei seiner epochemachenden Theorie von den Erscheinungen der Variabilität aus; er nahm an, daß alle uns konstant erscheinenden Tier- und Pflanzenformen der Möglichkeit der Umwandlung und Weiterentwicklung zu anderen Formen unterliegen. Diese Veränderlichkeit hat zur Grundlage die Tatsache, daß die verschiedenen Individuen einer Tierart nicht völlig wesensgleich sind, sondern in kleinen Merkmalen sich voneinander unterscheiden, mit einem Worte gesagt: „variieren". In den meisten Fällen ist nun die Variabilität nicht regellos, sondern für jede Art in ganz bestimmten Grenzen und in gesetzmäßiger Form gegeben. Da sie gewissermaßen zwischen Extremen fließt oder fluktuiert, hat man sie fluktuierende Variabilität genannt. Ferner ist man imstande, die Variabilität für verschiedene Arten in feste mathematische Formeln zu bringen, da in der Verteilung der Varianten auf die Variationsreihe eine bestimmte Gesetzmäßigkeit herrscht. Diese wird das Quetelet sche Gesetz genannt und entspricht dem Werte der binomischen Formel $(a + b)^n$. Dafür ein Beispiel. Wie schon auf S. 14 hervorgehoben, spielen die segmentale Verteilung der Schuppenreihen bzw. die

Schuppenzahlen selbst für die Systematik der Fische eine große Rolle. Auch für sie gibt es eine fluktuierende Variabilität, wie die folgende Tabelle von Voris zeigt, die sich auf die Zahl der Seitenlinienschuppen bei einem nordamerikanischen Cyprinoiden, Pimapheles (Pimephales ?) notatus Raf., bezieht:

Schuppenzahl .	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Individuenzahl pro 500 berechnet	3	7	36	126	157	121	37	11	2

Aus der Tabelle geht hervor, daß die meisten Fische, nämlich 157 von je 500 untersuchten Exemplaren, 44 Schuppen in der Seitenlinie zeigen; die Zahl 44 stellt also den Mittelwert dar. Je 126 hatten nur 43 Schuppen, je 7 nur 41, je 11 nur 47 usw. Auf diese Weise findet man die Variationsbreite für die Zahl der Seitenlinienschuppen und in prinzipiell gleicher Weise für jede andere Eigenschaft eines Organismus. Ohne auf die Ursachen der Variabilität, die sich nach Untersuchungen hauptsächlich als Effekt äußerer Bedingungen herausgestellt hat, hier näher einzugehen, sehen wir, daß dieselbe ein gesetzmäßiger Vorgang ist. Unter der Voraussetzung, daß die Eigenschaften der Organismen zum Teil vererblich sind, sucht der Züchter aus den von Natur gegebenen Varianten einzelne hervorstechende Individuen heraus und bringt nur solche Formen zur Nachzucht, die seinem bestimmten Zuchtziele entsprechen. Auf diese Weise glauben die Züchter neue Rassen hervorgebracht zu haben, wie dies z. B. die Karpfenzüchter von der hochrückigen (Galizier) und der langgestreckten Karpfenrasse (Wittingauer) vermeinen. Dieser Überzeugung war auch Darwin, als er auf Grund der von den Züchtern erzielten künstlichen Zuchtresultate seine berühmte Theorie von der natürlichen Zuchtwahl aufstellte, bei welcher statt des zielbewußt arbeitenden Züchters die natürliche Zuchtwahl im Kampf ums Dasein wirkt und Formen schafft, die der Umgebung am besten angepaßt sind.

Auf diese Art sollen nach Darwin die Arten der Tiere und Pflanzen entstanden sein. Gegen diese Selektionstheorie trat vor kurzer Zeit (1909) der dänische Botaniker Johannsen in seinen „Elementen der exakten Erblichkeitslehre“ auf und führt an der Hand eines überreichen Untersuchungsmaterials den Beweis, daß die Meinung eine irrige sei, man könne durch Selektion aus einem gemischten Bestande (Population) neue Eigenschaften an Pflanzen und Tieren hervorbringen. Die Züchter haben vielmehr nichts anderes getan, als aus den in der Natur überall gegebenen und ihrer Entstehung nach gemischten Beständen lediglich mehr oder minder reine Linien, d. h. die von nur einem Elternpaar oder einer einzigen Ausgangsform abstammenden Individuen ausgewählt und getrennt weitergezüchtet; etwas Neues dagegen, was nicht bereits in der Erbmasse der reinen Linien enthalten gewesen ist, haben sie durch Selektion nicht geschaffen. Die

Zuchtwahl ist, sowie die Eigenschaften einer reinen Linie einmal erreicht sind, machtlos, und jede weitere Bemühung, diese Eigenschaften durch Selektion weiterzusteigern, ist vergeblich (H o f e r).

Müssen auf Grund dieser genialen Erkenntnis die Züchter jeden weiteren Versuch, über die in der Natur der reinen Linie gegebenen Grenzen durch weitere Zuchtwahl hinauszugehen, als vergeblich und zwecklos aufgeben, so entsteht die Frage, auf welchem Wege es dennoch möglich ist, neue, über die in der Natur gegebenen Grenzen hinausgehende Formen hervorzubringen.

Nach den vorliegenden Forschungen ergeben sich hierzu zweierlei Wege. Einmal auf dem Wege der Mutation. Die Mutationen oder Sprungvariationen bestehen darin, daß sowohl in Züchtereien wie in der freien Natur gar nicht selten neue Formen, d. h. neue Rassen, ja sogar neue Arten auftreten, ohne daß sich eine allmähliche Steigerung ihrer Eigenschaften feststellen ließ. Sie erscheinen vielmehr plötzlich bei einem Individuum aus noch unbekannten Gründen und stellen sich damit in Gegensatz zu den oben besprochenen fluktuierenden Variationen. D e V r i e s konnte ferner den Nachweis bringen, daß derartig plötzlich entstandene Mutanten eine ganz außerordentliche Vererbungskraft ihrer neuen Eigenschaften besitzen. Solche Sprungvariationen haben zweifellos von altersher bei den Kulturversuchen der Züchter eine nicht unwichtige Rolle gespielt, ohne daß man ihnen besonderes Augenmerk zugewendet hätte. Wie bei höheren Tieren, so kommen solche Mutationen auch bei Fischen vor. Das bekannteste Beispiel ist wohl die chinesische Goldkarausche oder der bei uns in Aquarien gezüchtete Goldfisch. Auch die verschiedenen Spielarten des letzteren, die Teleskopfische, Himmelsgucker und Schleierschwänze, sind jedenfalls Mutationen, die ursprünglich ohne jeglichen menschlichen Eingriff entstanden sind und ihre Eigenschaften mit großer Zähigkeit vererbt haben. So vertritt T o r n i e r die Ansicht, daß die verschiedenen Monstrositäten der Goldfische nicht bewußt, sondern zufällig entstandene Zuchtprodukte seien, hervorgerufen durch Plasmaschwäche und Dotterverquellung im Ei. Vorbedingung zur ersteren sei gegeben durch die ungünstigen Bedingungen, unter denen in China gezüchtet werde; insbesondere die Überfüllung der engen Zuchtgefäße und der dadurch entstehende Sauerstoffmangel sei dafür verantwortlich zu machen.

Aller Wahrscheinlichkeit nach sind, wie H o f e r vermutet, auch die bekannten Leder- und Spiegelkarpfen (s. Fig. 47) nichts anderes als Mutationen, trotzdem es nicht mehr möglich ist, dafür den Beweis zu erbringen, weil diese Formen schon vor Jahrhunderten aufgetreten und seitdem weitergezüchtet sind. Auch die Spiegel- und Goldkarausche, sowie die Goldschleie, dürften Mutationsformen sein, die sich heute als „Spielarten" erhalten haben.

Ein zweiter Weg, auf welchem es möglich ist, neue Eigenschaften und damit neue Rassen, ja sogar Arten hervorzubringen, ist uns durch die Bastardierung oder Kreuzung in die Hand gegeben.

Unter Bastardierung versteht man die erfolgreiche geschlechtliche Vereinigung von Angehörigen verschiedener Arten, unter Kreuzung die geschlechtliche Vermischung verschiedener Rassen. Unter den Fischen kennt man Bastardformen, die in der freien Natur von selbst entstanden sind, aus den Familien der Weißfische (Cypriniden), der Edelfische (Salmoniden), bei den Schollen (Pleuronektiden), Sägebarschen (Serraniden) und Barschen (Perciden). Besonders bei den Weißfischen sind Bastardierungen recht häufig; das ist dadurch erklärlich, daß viele Arten derselben gesellig, oft in großen Schwärmen leben und ihre Laichzeiten zusammenfallen. Weißfischbastarde werden bei uns etwa 26 aufgezählt; das bekannteste Beispiel ist

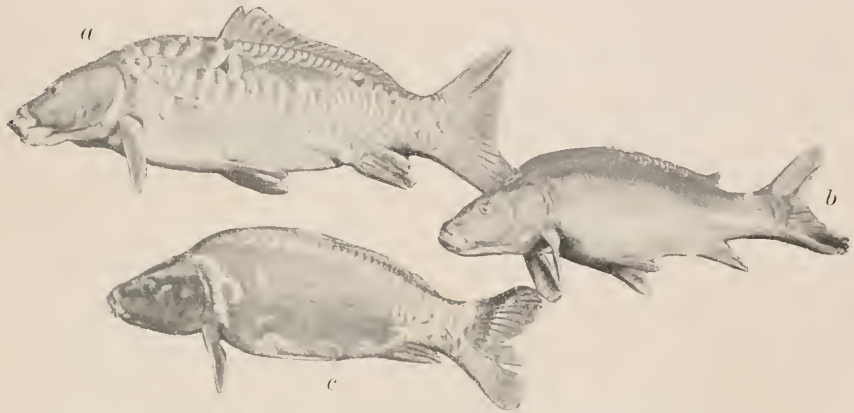

Fig. 47. Spiegel- (*a*) und Lederkarpfen (*b*), sowie deren Kreuzungsprodukt (*c*).

wohl die bei Fischzüchtern verpönte Karpfkarausche (Cyprinus carpio L. mit Carassius carassius L.). Unter den Edelfischen kennt man nur wenige Bastarde, die sich in der freien Natur bilden. Wohl aus Zufall werden hier und da Lachseier mit Forellensamen befruchtet — ein Naturvorgang, der von den Züchtern aufgegriffen, künstlich stark betrieben, aber wegen der Sterilität der Bastardform bald wieder fallen gelassen wurde —, desgleichen findet man Bastarde des amerikanischen Bachsaiblings (Salmo fontinalis Mitsch.) mit der einheimischen Forelle (Trutta fario L.), welche infolge ihrer Marmorierung den Namen „Tigerfische" führen. Leider sind auch diese Formen steril. Für züchterische Zwecke kommen natürlich nur solche Kreuzungs- oder Bastardierungsformen in Betracht, die nebst Fortpflanzungsfähigkeit die von den Züchtern erstrebten Eigenschaften, wie Schnellwüchsigkeit, Fleischansatz usw., besitzen. Der bekannteste und zeitweise sehr beliebt gewesene Salmonidenbastard ist der sogenannte Elsässer Saibling. Er ist ein Kreuzungsprodukt zwischen dem einheimischen Saibling

(Salmo salvelinus L.) und dem amerikanischen Bachsaibling (Salmo fontinalis Mitsch.) und bei den Fischzüchtern unter dem Namen „Elsässer Saibling" allgemein bekannt. Dieser Fisch ist insofern interessant, als er der einzige Salmonidenbastard ist, welcher sich als fruchtbar erwiesen hat: leider hat er insofern enttäuscht, als er seinen Eltern gegenüber keine Vorzüge hat und, wie H o f e r ausführt, seine Nachkommen in der freien Natur rasch in ihre Elternform zurückschlagen. Außer diesen genannten Fischen hat man auf künstlichem Wege auch Bastarde zwischen Forellenmännchen und Regenbogenforellenweibchen (Trutta irrida W. Gibb.) erzeugt, während umgekehrt Forelleneier mit Regenbogenforellenmilch nicht haben befruchtet werden können. Weitere Kreuzungen sind: Regenbogenforellenweibchen mit Bachsaiblingsmännchen, Seeforellenweibchen (Trutta lacustris L.) mit Bachsaiblingsmännchen, Seeforellenweibchen mit Bachforellenmännchen u. a. Trotzdem viele dieser Bastarde den Ruf trugen, schnellwüchsig zu sein und eine Zeitlang zu Modefischen gestempelt worden sind, haben sie durchwegs keine wirtschaftliche Bedeutung und sind daher mit Recht aus der Fischzucht wieder verschwunden. Die größten Erfolge hat man dagegen mit der Kreuzung verschiedener Karpfenrassen erzielt, die sich heute vollauf bewähren und den Markt beherrschen. Unter den beliebten Zuchtrassen unterscheidet man besonders zwei Gruppen, die kurz- und die langgestreckten Rassen; zu ersteren rechnet man den Aischgründer- und Galizier Karpfen, zu letzteren den fränkischen, böhmischen und Lausitzer Karpfen. Diese fünf Karpfenrassen sind vielfach noch untereinander durch Kreuzung in verschiedene Stämme gespalten worden, z. B. „Galizier" mit „Böhmen" (s. Fig. 47).

Außer Salmoniden und Cypriniden wurden, wie oben erwähnt, auch andere Fische zu Kreuzungsversuchen verwendet. Die Flachfische (Pleuronektiden) stellen einen künstlich gewonnenen Artbastard aus Maischollenweibchen (Pleuronectes platessa L.) mit unechter Kliesche (Hippoglossoides platessoides L.) dar. Dieselben Eier mit dem Kabeljau (Gadus morrhua L.) besamt, furchen zwar ebenfalls normal, bringen es aber nicht zur Entwicklung ausschlüpfreifer Fischchen. Der umgekehrte Versuch, Kabeljaueier mit Samen der Scholle befruchtet, fiel vollkommen negativ aus (A p p e l l ö f).

Dagegen ergab künstliche Befruchtung zweier viel weniger verwandter Fischarten, wie Lippfischweibchen (Labrus rupestris L.) mit Kabeljaumännchen, und Aalrutte (Lota marmorata L.) mit Bachforelle, wenigstens noch deutliche Embryonen. Unter den Stachelflossern sind Bastarde verschiedener Stichlings-(Gasterosteus)arten gezogen worden, ebenso unter den Zahnkarpfen (Cyprinodontiden); letztere verdienen nach P r z i b r a m kein großes Vertrauen, weil eine sechzigtägige Absonderung des Weibchens dabei als genügender Beweis angesehen wurde, daß es nicht mehr belegt

sei; in Wirklichkeit erfolgen viele Würfe ohne neue Besamung, ja wahrscheinlich genügt eine Besamung für Lebenszeit (s. S. 72).

Sehr interessante Bastardierungen hat Kammerer bei Barschen (Perciden), und zwar Flußbarsch (Perca fluviatilis L.) mit Kaulbarsch

Fig. 48. Flußbarsch (Perca fluviatilis L., *a*) und Kaulbarsch (Acerina cernua L., *b*), sowie deren Bastarde (*c* und *d*). (Nach Kammerer.)

(Acerina cernua L.) ausgeführt, welche sowohl mit vom Kaulbarsch besamten Flußbarscheiern, als auch mit vom Flußbarsch besamten Kaulbarscheiern vollständig gelangen (s. Fig. 48). Dabei erwiesen sich die Kaulbarsch-Flußbarsch-

bastarde in beiden Geschlechtern, mit den Stammeltern rückgekreuzt, als fruchtbar, während sie untereinander weder freiwillig zur Fortpflanzung schritten, noch auch durch künstliche Befruchtung Embryonen abgaben. Alle Bastarde übertreffen die Stammarten in bezug auf Veränderlichkeit, Schnellwüchsigkeit und Zählebigkeit (K a m m e r e r).

Unsere Kenntnisse von den Bedingungen, unter welchen Bastardierungen entstehen, sind noch recht lückenhaft. Wenn es auch erwiesen ist, daß selbst zwischen ganz fernstehenden Fischen, wie es der Schellfisch und die Flunder sind, eine Kreuzbefruchtung möglich ist, so werden nur in nahem Verwandtschaftsgrade stehende Arten miteinander lebens- und fortpflanzungsfähige Produkte liefern. Die Verwandtschaftsgrade der Salmonidenarten wurden kürzlich mittels der Blutserummethode von N e r e s h e i m e r geprüft und publiziert, so daß man bei Bastardierungen nicht auf rein äußerliche, oft täuschende Merkmale angewiesen ist. Zieht man z. B. in Erwägung, daß Lachs und Bachforelle einander viel näher stehen, als Bachforelle und Saibling einerseits, Lachsforelle und Saibling anderseits, so können die negativen Ergebnisse hier, die positiven dort nicht als Zufall erscheinen. —

Die Kreuzungen und Bastardierungen der Fische basieren, wie die der anderen Tiere, auf dem M e n d e l schen Gesetz, welches gegenwärtig im Mittelpunkte des Interesses steht. Auf dasselbe hier näher einzugehen, verbietet der Raum und sei diesbezüglich auf die Spezialliteratur verwiesen. Die Tendenz des Gesetzes ist die, daß für jedes vererbbare Merkmal der Eltern in deren Erbmasse eine entsprechend selbständige Anlage vorhanden sein müsse, daß sich bei der Kreuzung und Befruchtung diese Anlagen zu einem Anlagepaar in der Eizelle zusammenfinden und daß dann bei der weiteren Entwicklung das Merkmal des einen „Elters" das des anderen verdeckt. Gewöhnlich bezeichnet man das vorherrschende als das dominierende, das unterdrückte als das rezessive Merkmal; bei der Züchtung treten diese Merkmale genau nach der M e n d e l schen Spaltungsregel, die in dem Verhältnisse von 1 : 1 : 2 besteht, auf. — Genaue exakte Aufzeichnungen bei Fischen liegen meines Wissens nur spärlich vor. So berichtet z. B. S c h r e i t m ü l l e r von dem Cyprinodont Platypoecilus maculatus Gthr., daß unter den Nachzuchten solche auftraten, die überhaupt nicht gefleckt sind und sich von den Elterntieren ferner durch eine gelblichere Färbung unterscheiden. Solche ungefleckte Weibchen setzten später wieder sehr schön gefleckte Jungen ab!

Im allgemeinen werden die Züchter die M e n d e l sche Regel stets beachten und sich darüber klar sein müssen, daß die Bastarde in ihrer Nachkommenschaft nach der M e n d e l schen Regel aufspalten müssen. Die unter Züchtern weitverbreitete Meinung, daß man durch Kreuzung verschiedener Rassen und wiederholte Auswahl bestimmter Merkmale konstant vererbende neue Rassen hervorbringen könne, ist in der Regel irrtümlich

und diese Absicht, auf dem zurzeit üblichen Wege, ohne die Bastardnachkommen nach Mendel zahlenmäßig zu analysieren, nur einem seltenen Zufall zuzuschreiben. Das Ziel kann mit Aussicht auf sicheren Erfolg nur auf Grund der Mendelschen Regel erreicht werden!

B. Verschiedener Art.

1. Die Nahrung der Fische.

Jedes Gewässer auf Erden, ob Fluß, Teich oder See, ist ein Mikrokosmus, eine Welt, die, wie Forel sagt, „sich selbst genügt, in welcher das Lebensspiel der verschiedenen Organismen sich hinreichend im Gleichgewicht hält. Tiere und Pflanzen, höhere und niedere Organismen, leben da gleichzeitig miteinander, jedes nach seiner Art und gemäß den ihm eigentümlichen Funktionen; jedes findet in dem Medium, von dem es umgeben ist, die zur Lebensfristung notwendigen Elemente". Dasselbe Gesetz gilt auch vom unendlichen Weltmeere, das man als Makrokosmus bezeichnen kann; auch hier spielen sich die gleichen Vorgänge ab. Jedes Gewässer produziert eine gewisse Menge organischer Substanz in Form von Tieren und Pflanzen. Diese zerfallen in Nahrungskonsumenten und -produzenten. Zu letzteren zählen sämtliche Pflanzen, welche assimilieren und aus anorganischer Materie organische Verbindungen aufbauen. Zu ersteren zählt die ganze Schar der tierischen Geschöpfe, von den Urtieren angefangen bis zu den Fischen. Der Fisch ist der Beherrscher des Wassers; alles, was dieses hervorbringt, fällt ihm zur Beute.

Im folgenden soll nunmehr versucht werden, einen kurzen Überblick über die Biologie der Fischernährung zu geben, wobei ich mich den Angaben von Steuer, Biedermann, Hofer, Schiemenz, Seligo u. a. anschließe.

Wie in allen Tierklassen, gibt es auch unter den Fischen Formen, welche als rein karnivor zu bezeichnen, und andere, die vornehmlich auf Pflanzennahrung angewiesen sind. Zwischen beiden stehen diejenigen, welche als omnivor angesehen werden müssen. Zu diesen gehören z. B. die karpfenartigen Fische (Cypriniden), deren Hauptrepräsentant, der Karpfen (Cyprinus carpio L.), als „Schwein" unter den Fischen bezeichnet wird. In den meisten Fällen sind die Fische typische Fleischfresser und nähren sich von verschiedenen niederen und höheren Tieren. Demgemäß teilt man sie ein in Großtier- und Kleintierfresser. Erstere nähren sich im wesentlichen wieder von Fischen, fressen aber daneben gelegentlich auch andere Tiere, wie Frösche, Mäuse, Ratten usw. Die Kleintierfresser entnehmen ihre Nahrung

den verschiedensten niederen Tierklassen, von denen insbesondere die Infusorien, Würmer, Krebse, Weichtiere und Insektenlarven ihre Vertreter stellen. Je nachdem sich die Nährtiere außerhalb oder im freien Wasser,

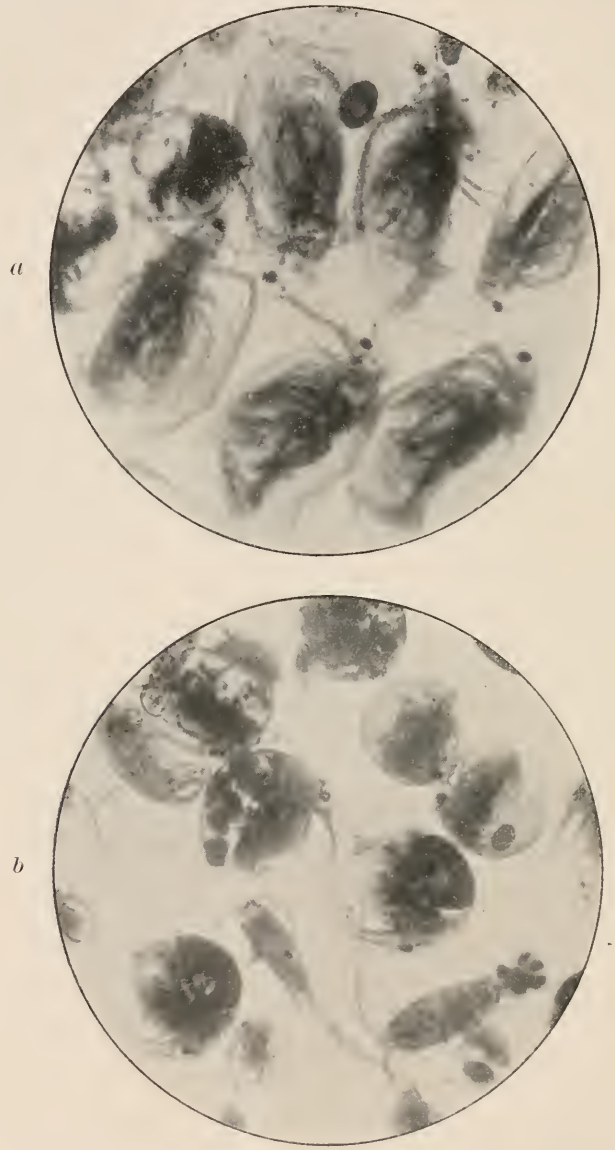

Fig. 49. *a* und *b* Cladoceren- (Daphnien- u. Bosminen-) Plankton.

am Ufer oder auf dem Grunde des Wassers aufhalten, teilt man die Nahrung ferner ein in Luft-, Plankton-, Ufer- und Bodennahrung. Viele Fische begnügen sich während ihres ganzen Lebens mit diesem Kleinzeuge, wovon

sie, wie unten des näheren erörtert ist, oft ungeheure Mengen vertilgen. Man hat solche Fische, zu denen die Cypriniden, Äschen, Felchen (Coregonen), Störe, Heringe, Sardinen, Makrelen u. a. gehören, als Friedfische

Fig. 50. *a* und *b* Copepoden- (Cyclops- u. Canthocamptus-) Plankton.

bezeichnet zum Unterschiede von den Raubfischen, welche größerer Beute nachjagen. Zu letzteren gehören u. a. im Süßwasser die Salmoniden, der Wels (Silurus glanis L.), die Rutte (Lota vulgaris L.), der Hecht (Esox

lucius L.), von Seefischen die Haie (Selachier), die Mehrzahl der Tiefseefische usw. Allbekannt ist die große Gefräßigkeit und Raubgier der Haie; dennoch wird von Yung angegeben, daß bei Scyllium der Magen meist mit Tintenfischen, wie Oktopus und Loligo, aber auch mit verschiedenen Krabben und Würmern angefüllt war. Auch die Rochen sind sehr gierig, begnügen sich aber mit kleineren Fischen, Krebsen und Mollusken, wie auch die Störe nach Antipa sich von ähnlichem Kleinzeug ernähren. Oft findet man den Magen der Störe nur von einer ganz einheitlichen Nahrung erfüllt. Die Zitterrochen (Torpedo) lähmen wahrscheinlich ihre Beutetiere durch elektrische Schläge. Bei Raja wird die Nahrung (Krebse u. a.) mittels der pflasterförmigen Zähne des kräftigen Kiefers richtig zerbissen, während ja sonst die Raubfische ihre Beute ungekaut verschlingen. Sehr große Verschiedenheiten herrschen bezüglich der Ernährung der Knochenfische. Schiemenz teilt die Nahrung der einzelnen Fischarten ein in Hauptnahrung, Gelegenheitsnahrung, Verlegenheits- oder Notnahrung. Die Hauptnahrung besteht aus denjenigen Organismen, welche die Fische mit Vorliebe fressen, von denen sie sich im allgemeinen ernähren und die sie, wenn sie überhaupt dazu in der Lage sind, aller anderen Nahrung vorziehen. Die Gelegenheitsnahrung ist diejenige, welche der Fisch frißt, weil er gerade eine passende, bequeme Gelegenheit dazu hat. Als Verlegenheitsnahrung bezeichnet Schiemenz diejenige, welche der Fisch zu sich nimmt, weil er eine ihm zusagende Nahrung nicht finden kann.

Sehen wir im folgenden von den typischen Großtierfressern (Raubfische im engeren Sinne) ab, so handelt es sich hauptsächlich um die sogenannten Friedfische, von denen ein großer Teil Planktonfresser ist (s. Fig. 49 u. 50). Unter diesen unterscheidet Arnold wiederum konstante Planktonkonsumenten, das sind solche Fische, bei denen Plankton die Hauptnahrung bildet. Dies gilt von einigen pelagisch lebenden Fischen, sowie insbesondere von allen Fischlarven und Jungfischen. Neben diesen gibt es temporäre Planktonfresser, Fische, welche in der Jugend von Plankton leben und später zur Ernährung mit Benthos-(Boden-)formen übergehen; Steuer rechnet zu ihnen auch jene Fische, die auch im erwachsenen Zustande Plankton als Gelegenheits- oder Verlegenheitsnahrung aufnehmen. Zur ersten Gruppe (konstante Planktonfresser) gehören von Süßwasserfischen die Renken (Coregonen) mit den übrigen Maränenarten, die Laube (Alburnus lucidus Heck.) und der Stint (Osmerus eperlanus L.), von marinen Fischen insbesondere die Clupeiden. So nährt sich der Stint nach Steuer im Frischen Haff und in russischen Seen von dem großen Planktonkruster Leptodora, im russischen Welio- und Plotowosee im Winter von kleineren Krustazeen, wie Hyalodaphnia, Bosmina, Cyclops und dem Rädertier Anurea. Von den beiden Coregonenarten des Neuenburger Sees ernährt sich nach Fuhrmann die eine (Coregonus Schinzii subsp. palea Cuv. u.

Val.) nahezu ausschließlich von Bythotrephes longimanus, während die zweite Art des genannten Sees (Coregonus exiguus subsp. bondella Fatio) eine gemischte Kost liebt, die aus Krustazeen, Insektenlarven, Würmern und Muscheln besteht; die letztere Art ist demnach nur ein temporärer Planktonfresser. In einem Magen des Schnäpel (Coregonus oxyrhynchus L.) zählte Huitfeld-Kaas etwa 50 000 Stück von Bosmina; ich selbst konnte den Darm von Grundlseelauben mit einem dicken Brei von Hyalodaphnia angepfropft vorfinden. Da die Coregonen zu den eifrigsten Planktonfressern gehören, besteht zwischen der vertikalen Verteilung des Planktons und dem Standorte dieser Fische ein ursächlicher Zusammenhang, welchen Hofer für den Bodensee sowie andere bayrische Seen ermittelte und der dem Netzfischfang von größtem Nutzen ist. Als temporäre Planktonkonsumentin ist die Plötze (Leuciscus rutilus L.) zu nennen, die in Ermanglung einer ihr sonst zusagenden Ufer- oder Luftnahrung Plankton als Verlegenheitsnahrung aufnimmt. Dasselbe gilt vom Brachsen (Abramis brama L.), der für gewöhnlich der Schlammfauna am Grunde nachgeht. Fehlt diese, dann greift auch er in die Zone des freien Wassers über, wo er Plankton findet. Dieses stellt indes eine richtige Notnahrung vor, bei der er im Wachstum zurückbleibt und eine Kümmerform darstellt. Solche Kümmerformen, die heute eine eigene Zwergrasse vorstellen, sind die sogenannten „Schwarzreiter"; es sind Saiblinge, die sich an die Planktonnahrung angepaßt haben und aus Raubfischen Friedfische geworden sind.

Von Seefischen darf der Hering als typischer Planktonfresser angesehen werden. „So sind Copepoden (Temora longicornis und Oithona) nach Möbius die Hauptnahrung des Herings der westlichen Ostsee, von Calanus finmarchicus leben nach Nordgaard die Heringe an den norwegischen Küsten. Nach den umfassenden Untersuchungen von Brook, Calderwood und A. Scott ist die Hauptnahrung der Heringe an der Ostküste Schottlands eine andere als an der Westküste. An der Ostküste hat die große Mehrzahl aller Heringe ihre Hauptfreßzeit vom Dezember bis April und nährt sich dann in der offenen See fast ausschließlich von Hyperia gelba, gegen Ende der Fraßzeit von Schizopoden (Nyctiphanes norvegica). An der Westküste fällt die Hauptfraßzeit auf die Monate April bis September; die Nahrung sind hier Copepoden, später Schizopoden" (Steuer). Weitere Planktonfresser sind die Sardelle (Encraulis encrasicholus L.), Sardine (Clupea pilchardus Walb.) und der Sprott (Clupea sprattus L.). Letztere müssen indes mehr den temporären Planktonkonsumenten zugezählt werden, da sich zuweilen auch Nahrung aus der Küstenregion in ihren Därmen vorfindet. Als Planktonfresser kann ferner der Mondfisch (Orthagoriscus mola Bl. Schn.) gelten; denn in seinem Magen fand Graeffe Medusen der Gattung Aequorea. — Wie wir sehen, kommt

dem Plankton als Fischnahrung eine große Bedeutung zu; dieselbe wird noch erhöht durch die Tatsache, daß die gesamte Fischbrut sich ausschließlich von demselben ernährt, und ein Fehlen bzw. Ausbleiben der Planktontiere mit einem Schlage die Vernichtung des gesamten Fischnachwuchses zur Folge hätte.

Die Mehrzahl der karnivoren Fische entnimmt indes ihre Nahrung der Ufer- und Bodenfauna. Für die Süßwasserfische haben die Organismen des Tiefenschlammes (Tendipes und Tubifex), sowie der „Aufwuchs", d. h. die zahlreichen mikroskopischen Tiere, welche die Wasserpflanzen überziehen, eine große Bedeutung. Viele dieser Fische sind in der Jugend Pflanzenfresser, wie z. B. Döbel (Squalius cephalus L.), Barsch (Perca fluviatilis L.), Zander (Lucioperca sandra Cuv. u. Val.) und gehen erst später zur Fleischkost über. Vom Brachsen (Abramis brama L.) bemerkt Schiemenz, daß er sich hauptsächlich an die Nahrung hält, welche ihm der schwarze Grundschlamm liefert (Larven von Tendipes, Corethra und Ceratopogon und Tubifexwürmer). In etwas höheren Regionen finden namentlich jüngere Exemplare auf Wasserpflanzen (Charazeen, Wasserpest) große Mengen kleiner Krebse (Alona, Eurycercus u. a.). Die Salmoniden unserer Gewässer fressen mit Vorliebe größere Kruster (Gammarus, Asellus), Insektenlarven (Phryganiden), Würmer, Mollusken und Fische, und werden, da sie ihresgleichen nicht verschonen, oft zu Kannibalen. Auch eine große Zahl der Seefische deckt ihren Nahrungsbedarf aus der Küsten- und Bodenfauna. So bilden die Hauptnahrung der Nutzfische (Pleuronektiden) Krustentiere und Muscheln. Die Scholle (Pleuronectes platessa L.) hält Franz dagegen für eine Allesfresserin; junge Tiere fressen hauptsächlich zarte Kruster und Jugendstadien von Muscheln, ältere Stadien größere Krustazeen, wie Podoceros und Muscheln wie Mucula u. a. Die Skariden oder Papageifische zerbeißen mit ihren scharfen Kiefern Polypen, Schwämme und Steinkorallen und bringen diese Partikel in ein paar Schlundtaschen. Sie gelangen von hier aus durch einen Akt, den die Alten „Wiederkäuen" nannten, zwischen die Pflasterzähne der Schlundknochen, wo sie zu einem Brei verrieben werden, dem der Darm die Nährstoffe entnimmt. Der Seewolf (Anarhichas lupus L.) nährt sich mit Krabben und Mollusken, die er ebenfalls mit seinen starken Kiefern zertrümmert. Die benthonischen Fische sind zum Teil Schlammfresser; als solche gelten z. B. die Meeräschen (Mugiliden), Chromisfische (Chromiden) und Riffische (Pomacentriden). Schlammfresser in gewissem Sinne sind auch viele Tiefseefische. Sie sind auf die Reste der tierischen und pflanzlichen Körper (Detritus) angewiesen, welche in Form eines feinen Regens von oberen Schichten in die Tiefe niedergehen. Die Mehrzahl der marinen Fische aber, namentlich die größeren pelagisch lebenden Arten, sind große Raubfische. Als Beispiele dienen die Haie und Thunfische, von denen die letzteren hauptsächlich Heringe und Makrelen verzehren.

Den Fleischfressern unter den Fischen stehen die Pflanzenfresser (herbivore) gegenüber. So oft Fische indes auch Pflanzenteile verzehren, so sind reine Pflanzenfresser sehr selten. Als ausschließlicher Vegetarier darf vielleicht der Gelbstriemen (Box boops Lin.), einer der häufigsten Fische der Mittelmeergewässer, betrachtet werden. In seinem durch beträchtliche Länge ausgezeichneten Darm fand Rudolphi nur Tange (Fucus) und Seegras (Zostera). Von den Papageifischen (Skariden) nehmen einige Arten auch Ledertange auf. Von Süßwasserfischen neigt wohl die Rotfeder (Scardinius erythrophthalmus L.) am meisten zur vegetarischen Kost, auch die Nase (Chondrostoma nasus L.) pflegt mittels ihrer scharfkantigen Lippenränder Algen von Steinen abzuschaben. Ebenso nehmen verschiedene Brachsenarten (Abramiden) zeitweise Wasserpflanzen (Isoëtes lacustris) auf, doch bildet ihre Hauptnahrung wohl tierische Nahrung.

Zum Schlusse dieser Erörterungen sei noch als der wichtigste unter den Nutzfischen der Karpfen (Cyprinus carpio L.) eigens berücksichtigt. In früheren Zeiten wurde dieser Fisch für einen Pflanzenfresser gehalten, erst Susta hat durch eingehende Darmuntersuchungen den strikten Nachweis erbracht, daß der Karpfen vorzugsweise Fleisch- oder Kleintierfresser sei. Als seine Hauptnahrung kann wohl die Ufer- und Bodenfauna angesehen werden, während die Schwebefauna oder das Plankton nebenbei aufgenommen wird, zeitweise aber auch als dicker Brei den Darmtraktus anfüllen kann. Sehr gern nimmt der Karpfen auch Luftinsekten auf, die ins Wasser fallen (Ameisen, Bienen, Wespen, Käfer, Fliegen). Susta führt einen Fall an, wo der ganze Darm eines Karpfens mit Ameisen dicht erfüllt war. Die Brut frißt gerne Pflanzenteile, Algenfäden von Cladophora, Spirogyra, auch Samen höherer Pflanzen werden aufgenommen; doch auch hier überwiegt tierische Kost.

Der Karpfen kann mit Recht als Allesfresser bezeichnet werden. Gerade diese Eigenschaft, verbunden mit seiner sonstigen Anspruchslosigkeit, dem raschen Wachstum u. a. hat ihn zum Objekt einer künstlichen, intensiven Zucht in Teichen und Seen gestempelt. Bei dieser werden die Fische mit Surrogaten tierischer und pflanzlicher Provenienz, wie Blutmehl, Fleisch- und Fischmehl, Reismehl, Melasse, Ölkuchen, Leguminosen (gelbe und blaue Lupinen) u. dgl. gefüttert. So günstig die künstliche Fütterung wirkt, so kann es wohl als sicher gelten, „daß ein gewisses Quantum von Naturnahrung für das Gedeihen unentbehrlich ist, und diese Mengen lassen sich nicht durch die bisherigen Methoden der künstlichen Fütterung ersetzen. Es gibt da eine scharfe Grenze, die nicht mit der absoluten Zuwachsgrenze des Teiches zusammenfällt. Sorgen wir für Vermehrung der Naturnahrung, so lohnt auch eine vermehrte Fütterung. Bleibt aber die natürliche Nahrung stabil, so haben auch kolossale Mengen an Futter nichts mehr geleistet“ (Crohnheim). Der Grund liegt darin, daß die Verdauungsfermente,

welche sich in den lebendig vom Karpfen und anderen Kleintierfressern verschlungenen Nahrungstieren finden, für die höchsten Leistungen des Verdauungsapparates unentbehrlich sind.

Neben der Menge der verfügbaren Nahrung kommt für die Nahrungsaufnahme auch die von sehr verschiedenen Faktoren abhängige „Freßlust" in Betracht. Als wechselwarme Fische sind die Tiere in ihrer Verdauung von der Temperatur des Wassers, in dem sie leben, direkt abhängig, so daß jeder Fisch ein Optimum, sowie eine obere und untere Grenze für seine Verdauung besitzt. Nach Knauthe ist die Freßlust und damit die Aufnahmefähigkeit beim Karpfen von 10 bis 15° C noch eine relativ geringe, sie erreicht dann bei 23—25° C ihr Optimum, um nach Überschreiten desselben selbst bei reichlichem Sauerstoffgehalt des Wassers wieder zu versagen. Ebenso ist die untere Grenze einer Nahrungsaufnahme nach Supino bei 7° C gegeben; Fische, die im Freien gehalten wurden, nahmen Nahrung auf, solange die Temperatur höher als 7° war, sank sie aber unter diesen Wert herab, so hörte die Nahrungsaufnahme auf und das Gewicht nahm ab. Es ist daher die neuerdings aufgeworfene Frage, ob der Karpfen im Winter frißt, entschieden zu verneinen, sofern es sich um normal verlaufende Winter handelt. Fische, die in kaltem Wasser zu leben gewöhnt sind, verdauen dagegen bei minderen Temperaturen noch sehr gut, die Forelle z. B. am besten bei 12—14° C, wogegen die Verdauung bei 2° C, ebenso aber auch bei Temperaturen von 18° C ganz aufhört.

Die Fische sind im allgemeinen sehr gefräßig und können in günstigem Falle große Mengen von Nahrungsstoffen zu sich nehmen; im anderen Falle sind sie aber auch große Hungerkünstler. Es gelingt nicht selten, Karpfen 1—1½ Jahre ohne jegliche Nahrung im Aquarium zu halten. Gut gefüttert, legen die Fische viel Fett an, das alle Gewebe durchdringt; die Fische werden dann, wie der Züchter sagt, fett, bei mangelnder Nahrung werden sie dagegen schlaff und erreichen nur eine geringe Größe.

Wenn in den obigen Zeilen auf die Nahrung der Fische im besonderen etwas näher eingegangen wurde, so geschah dies mit Rücksicht auf die vor einiger Zeit erschienenen Arbeiten Pütters über die Ernährung der Wassertiere und Fische, welche in der gesamten Fachwelt großes Aufsehen erregt haben, zumal eine Bestätigung der Befunde eine völlige Umwälzung auf dem Gebiete der Ernährungsphysiologie zur Folge hätte.

Es sei indes hier bemerkt, daß die Pütter sche Lehre nicht allein von physiologischer, sondern auch von zoologischer und botanischer Seite so ziemlich vollständig abgelehnt worden ist. Nachdem Pütter für viele Tiere des Meeres den Beweis erbracht zu haben glaubte, daß sich dieselben von gelösten organischen Stoffen ernähren, dehnte er seine Untersuchungen auch auf Fische aus. Ohne in Abrede zu stellen, daß Fische auch geformte Nahrung aufnehmen, kommt Pütter auf Grund seiner Untersuchungen

zu dem Schlusse, daß für die Erhaltung ihres Lebens die Aufnahme gelöster organischer Stoffe aus dem Wasser durchaus notwendig sei. Es wird sogar der Versuch gemacht, Fische in „Nährlösungen" zu ziehen. Als solche kam einerseits unfiltriertes Seewasser, welches nur sehr geringe Mengen von Plankton enthielt, in Verwendung, anderseits wurden auch künstliche Nährlösungen (Asparagin, Glyzerin u. a.) bereitet und die Fische darin beobachtet. Um zunächst das allgemeine Resultat dieser Versuche vorwegzunehmen, so gingen alle derartig behandelten Fische einem langsamen Hungertode entgegen. Das Gewicht erfuhr eine stete Abnahme, doch hielten die Versuchsfische in der „natürlichen Nährlösung" über 40 Tage ohne geformte Nahrung (abgesehen vom Aquariumplankton) aus. Das kann nicht wundernehmen, denn es wurde bereits oben darauf hingewiesen, welch große Hungerkünstler die Fische sind. Ein Fehler ist aber wohl der, daß P ü t t e r den Versuch nicht in filtriertem Seewasser ausgeführt hat, wo derselbe wohl ganz anders ausgefallen wäre. Was die „künstlichen Nährlösungen" betrifft, so will P ü t t e r gefunden haben, daß z. B. der Goldfisch 56,2 % seines Gesamtumsatzes durch die zugefügten Stoffe gedeckt habe, während beim Stichling (Gasterosteus) sogar Stoffansatz in einer derartigen Nährlösung erzielt worden sei. Demgegenüber konnte L i p s c h ü t z unter Zugrundelegung von P ü t t e r s Versuchsanordnung an eigenen Versuchen den Nachweis erbringen, daß eine Verwertung von organischen Stoffen (Asparagin, Glukosamin, Tyrosin u. a.), die in gelöster Form Fischen, wie Karpfen und Aalen, dargeboten wurden, nicht stattfindet. Sehr bedenklich erscheint ferner in P ü t t e r s Untersuchungen die Methode, aus dem Stoffbestand (d. h. der Zusammensetzung) e i n e s Fisches am Anfang der Versuchszeit und dem eines a n d e r e n am Ende derselben den Verlust an Körpermasse bestimmen zu wollen, zumal wenn die Versuchsfische noch verschiedener Größe sind. Ein weiterer Vorwurf wird P ü t t e r von einigen Autoren gemacht, daß er die Literatur über die Ernährung der Fische nicht hinreichend oder nur einseitig benutzt habe. So legt P ü t t e r das Schwergewicht auf das Plankton und kommt unter Zugrundelegung der für den Nährwert verschiedener Planktonorganismen berechneten Zahlen zu dem Resultat, daß von den betreffenden Fischen (Stint, Finte, Karpfen) so große Mengen von Planktonkrebschen pro Tag verzehrt werden müßten, um den in der Wachstumsperiode beobachteten Stoffansatz zu ermöglichen, wie sie seiner Ansicht nach nicht bewältigt werden könnten. Auch zieht er aus dem jeweilig beobachteten Magen- resp. Darminhalt einen Schluß auf die Menge der aufgenommenen Nahrung.

Was nun den Wert des Planktons als Fischnahrung betrifft, so geht aus obigen Ausführungen deutlich hervor, daß dasselbe wohl einen wesentlichen Faktor für Jungfische und reine Planktonfresser darstellt, bei erwachsenen Friedfischen aber neben dem „Aufwuchs", der Ufer- und Bodennahrung

zurücktritt. Und daß von Planktonfressern eine erhebliche Anzahl von Planktontieren verzehrt werden, die den Darm oft prall anfüllen, dafür sind in obigen Ausführungen auch einige Daten gegeben! Schließlich erscheint es ganz unzulässig, aus der Menge des in einem oder in einigen Fällen beobachteten Darminhalts einen Schluß zu ziehen, ob diese Mengen in einem richtigen Verhältnis zu den erforderlichen Stoffmengen stehen. Ich verweise nur auf die oben erwähnte Abhängigkeit der Freßlust der Fische von verschiedenen Temperaturen (Winterschlaf!).

2. Schutzfärbung, Mimikry, Fang- und Abwehrmittel.

Für jedes Tier, sei es, daß es andere verfolgt oder selbst Verfolgungen ausgesetzt ist, wird es von Vorteil sein, möglichst unauffällig zu erscheinen. Das ist nur dann der Fall, wenn es in Form und Farbe seiner Umgebung möglichst angepaßt erscheint. Das gilt auch von den Fischen, welche sich als Raub- und Beutetier gegenüberstehen oder auf niedere Tiere Jagd machen; bei ihnen gewinnt die F ä r b u n g eine hervorragende biologische Bedeutung. In diesem Sinne hat man, ähnlich wie bei höheren Tieren, auch bei den verschiedenen Fischen die Färbung als S c h u t z-, W a r n u n g s-, T r u t z- und S c h r e c k f ä r b u n g zu erklären versucht (J ä g e r, P o p o f f, K a p e l k i n, F r a n z, L a g a l l y u. a.).

Betrachten wir zunächst die S c h u t z f ä r b u n g. Bei einem Versuche, dieselbe zu erklären, tritt zunächst die Frage in den Vordergrund: Von welcher Art Feinden ist der Fisch bedroht? Einmal sind es Vögel und Säugetiere, die außerhalb des Wassers leben, aus der Luft ihre Beute erspähen und sich dann jählings auf dieselbe stürzen; auf der anderen Seite ist es die große Anzahl der Raubfische, die selbst ihresgleichen nicht verschonen. Gegen diese Feinde soll nun die Schutzfärbung einen gewissen Grad von Sicherheit bieten.

Betrachten wir die Färbung der Fische im allgemeinen, so lassen sich nach der Lebensweise der einzelnen Arten mehrere Gruppen unterscheiden, bei denen eine eigentümliche Übereinstimmung sofort auffällt. Zur ersten Gruppe gehören alle Fische, welche in klaren Flüssen und Seen leben (Weißfische, Coregonen); auch die Oberflächenfische des Meeres sind hierher zu rechnen. Sie besitzen durchwegs einen silberglänzend gefärbten Bauch, während der Rücken meistens dunkel gefärbt erscheint. Besonders schön ist der Silberglanz des Bauches und der Seiten bei allen an der Oberfläche des Meeres und klaren Seen lebenden Fischen. Durch die dunkle Färbung des Rückens sind nun all diese Fische gegen außerhalb des Wassers befindliche Feinde gut geschützt; denn infolge der Absorption, welche die Lichtstrahlen im Wasser erfahren, erscheint der Fisch, von oben gesehen, dunkel auf dunklem Grund und ist daher von oben sehr schwer zu erkennen. Wie

ist aber der Fisch gegen innere Feinde geschützt? Da in gleichen Wasserschichten fast nur gleiche Fische vorkommen, die als gegenseitige Nahrung kaum in Betracht kommen, die Raubfische vielmehr meist in tieferen Schichten stehen, so werden diese ihre Beute in einem gewissen Winkel über sich erblicken, und von dieser auch nur den Bauch und die Seiten. Nach Popoff können nun Lichtstrahlen, die auf die Wasserfläche von unten her unter einem Winkel von 48° (bei Salzwasser 45°) treffen, dieselbe niemals durchdringen, sondern werden total reflektiert. Die Fische können nun infolge der seitlichen Lage ihrer Augen die Oberfläche des Wassers im allgemeinen höchstens unter einem Winkel von etwa 45° sehen; es werden somit nur solche Lichtstrahlen in ihr Auge gelangen, die an der Wasserfläche eine Totalreflexion erfahren haben. Infolge dieser erscheint dem Fischauge aber die Wasseroberfläche als silberglänzende Fläche. Gleichfalls silberglänzend erscheinen ihm nun auch Seitenflächen und Bauch seiner Beute, die sich dadurch kaum merklich vom Hintergrund abhebt und sich somit den Blicken seines Verfolgers entzieht. Demgegenüber glaubt Franz, daß die Wasseroberfläche von innen die verschiedenartige, bald bläuliche, bald grünliche, bald bräunliche Farbentönung des ganzen Gewässers spiegele und auch der Silberglanz der Fische etwa als Spiegel aufzufassen sei; infolge seines spiegelnden Glanzes wird der Fisch jeweils die Farbe annehmen, die dem Gewässer eigen ist, und dadurch dem Auge des Verfolgers entrückt. Auch können, wie Kapelkin meint, bei manchen an der Oberfläche lebenden Fischen infolge von Kräuselungen der Wasserfläche diese selbst und ebenso der Fischkörper für das Auge anderer Fische vorübergehend hell aufleuchten, mithin beide silbern schimmern, wodurch sie sich einander gleichen.

Die zweite Gruppe von Fischen umfaßt jene, welche am Grunde der Gewässer sich aufhalten. Die ganze Körperoberfläche derselben ist dunkel, mit Längsstreifen, mäandrisch verlaufenden Zeichnungen, großen oder kleineren Flecken bedeckt, während die Bauchseite ein fahlgraues oder lichtes Aussehen aufweist. In diese Kategorie gehören auch jene Fische, denen außerdem noch eine durch die Chromatophoren ermöglichte aktive Farbenanpassung eigen ist. Von Süßwasserfischen sind hier zu nennen die Rutte (Lota vulgaris Cuv.), die Grundel (Gobio fluviatilis Cuv.), der Koppen (Cottus gobio L.), der Wels (Silurus glanis L.), der Schlammpeizger (Cobitis fossilis L.) u. a.; von Seefischen die artenreiche Familie der Plattfische (Pleuronektiden), denen die erwähnte aktive Farbenanpassung in hohem Maße zukommt. Sie pflegen den Untergrund, auf dem sie liegen, täuschend nachzuahmen. „Legt sich z. B. einer auf sandigen Grund, so währt es nicht lange, und Färbung und Zeichnung entsprechen diesem Grunde; die gelbliche Farbe tritt hervor, die dunklere verschwindet. Bringt man denselben Fisch, wie es in kleineren Behältern oft genug geschieht,

auf anderen Grund, z. B. auf grauen Granitkies, so geht die Färbung sehr bald in dieselbe über, die der Grund hat: die früher gelblich erscheinende Scholle, Butte oder Zunge wird grau. Den Fischen ist es wohl bekannt, daß in diesem Teil des Meeres, der Färbung des Bodens stets entsprechend, dieselbe Art der Flachfische dunkel, in jenem lichtgefärbt ist" (nach Brehm).

In ähnlicher Weise wie die Plattfische besitzt auch die Forelle (Trutta fario L.) eine außerordentlich große Farbenanpassungsfähigkeit, die ihr als Schutzfärbung dient. Neben fast schwarzen oder dunklen Forellen gibt es alle Abstufungen bis zu solchen mit hellen Tönen. Forellen mit kräftigen Augenflecken kommen in kleinen reißenden Bächen und in kleinen Alpenseen vor, in großen Seen mit kiesigem Grunde sind sie hell silberfarben und die Augenflecken mit schwarzen Flecken untermischt; in Seen mit schlammigem oder Torfgrund sind sie von dunkler Färbung, in Höhlengewässern fast schwarz. Eine große Farbenanpassung an das umgebende rote Gestein besitzt auch die Helgoländer Varietät des Dorsches (Gadus morrhua L.), welcher eine völlig rote Farbe angenommen hat.

Sehr interessant gestaltet sich ferner die Schutzfärbung zweier Süßwasserfische, vom Barsch (Perca fluviatilis L.) und Hecht (Esox lucius L.). Beide Fische besitzen bekanntlich eine dunkle Querbänderung, die mit ihrer Lebensweise eng zusammenhängt. Als große gefräßige Raubfische halten sie sich nämlich mit Vorliebe zwischen Schilf und anderen Wasserpflanzen auf und lauern daselbst auf Beute. Durch die vertikale Körperstreifung werden nunmehr die Schilfstengel oder Rohrhalme nachgeahmt und dadurch die Körper beider Fische dem Auge des Beutetieres entzogen. Die Schutzfärbung von Hecht und Barsch ist weniger als Schutz gegen ihre Feinde als vielmehr als Maske ihrer Beute gegenüber aufzufassen.

Die dritte Gruppe der Fische mit Schutzfärbung umfaßt die Tiefseefische. Beim Übergang zum Tiefseeleben schwindet der Silberglanz der sonst pelagisch lebenden Seefische und macht einer monotonen Schwarz- oder Rotfärbung Platz, welche, wie schon S. 96 hervorgehoben wurde, offenbar der beste Schutz gegenüber dem Beleuchtetwerden darstellt.

Ein anderer Typus von Färbung, gewissermaßen das Widerspiel der Schutzfärbung, ist die selten auftretende Warn- und Ekelfärbung, auch Trutzfärbung genannt. Derart ausgezeichnete Tiere machen sich bemerkbar, um nicht gefressen zu werden. So ist von Landtieren bekannt, daß die schwarze Farbe in Verbindung mit Rot und Gelb als Warnungsfarbe auftritt. Im Meere dürften Rot und Gelb in Gegenwart der rötlichen Farben auf dem Meeresboden und zwischen den Algen eher Schutz- als Trutzfarben darstellen. Dagegen kann hier Schwarz, in Kontrast zu hellem Hintergrund, als Warnungsfarbe gedeutet werden. Mit der Warnfärbung hängt die der Schreckfärbung auf das engste zusammen. Sie ist auch oft mit der Fähigkeit der Veränderung der äußeren Körperform

verbunden. Manche Tiere verstehen es, sich im Momente der Gefahr ein äußerst bösartiges Aussehen zu geben oder überraschende Farben zu zeigen, wodurch der Angreifer verblüfft wird und von seinem Opfer abläßt. Unter den Fischen sind derartige Erscheinungen besonders von Aquarienzüchtern des öfteren beobachtet und beschrieben worden, doch entziehen sich diese meiner Beurteilung. Auch wird vom Knurrhahn (Trigla) berichtet, daß er die Eigenschaft habe, sofern er erschreckt wird, seine große Brustflosse mit ihrer Unterseite nach oben zu kehren und flächenartig auszubreiten, wodurch dann auf irisierendem Grunde plötzlich ein großer Augenfleck erscheint. Man deutet diese Erscheinung im Sinne eines Abschreckmittels. Ähnliche Verfärbungen sollen auch den Cichliden zukommen.

Fig. 51. Phyllopteryx eques Gth. zwischen Algen. (Nach Günther.)

In einigen seltenen Fällen gesellt sich der Schutzfärbung eine weitere Ähnlichkeit mit bestimmten Objekten der Natur, die den Wert einer Schutzanpassung hat und von Entz Pseudomimikry genannt wurde, im Gegensatz zur echten Mimikry. Letztere besteht in der Nachahmung eines „immunen" Tieres, das in irgendeiner Weise, sei es durch unscheinbare Färbung, durch Gift oder andere Waffen vor seinen Verfolgern geschützt erscheint. Dieser Begriff der Mimikry wurde leider allmählich ausgedehnt auf die verschiedenste Nachahmung der Umgebung, so daß sich heute fast an jede Färbung und Zeichnung eine spezielle Mimikrytheorie knüpft, was natürlich nicht zulässig erscheint. Was nunmehr die Pseudomimikry unter den Fischen betrifft, so seien an dieser Stelle zwei eklatante Beispiele dafür angeführt. In erster Linie der Fetzen- oder Algenfisch (Phyllopteryx eques Günth.), dessen lange, flottierende und grün gefärbten Hautfortsätze Algensprosse nachahmen (s. Fig. 51). Wenn der

Fisch an seinem gewöhnlichen Wohnort zwischen Algen steht, ist es sehr schwer, seiner überhaupt ansichtig zu werden, so vollkommen gleicht er einem Blattbündel. In analoger Weise gleichen die zahllosen, blattartigen Hautanhänge des kleinen Fischchens Antennarius histrio Günth. den Wasserpflanzen, zwischen denen es sich aufhält (P l e h n). Schließlich könnte man noch als Beispiele einer Pseudomimikry die Seenadeln (Syngnathus) und Seepferdchen (Hippocampus) anführen.

Dagegen sind Fälle von e c h t e r M i m i k r y unter den Fischen nur selten zur Beobachtung gelangt. Einen solchen führt M a s t e r m a n n von der gemeinen Seezunge (Solea vulgaris Qu.) an. Die rechte oder obere Brustflosse dieses Plattfisches ist gut entwickelt und besitzt auf ihrer oberen Hälfte einen großen tiefschwarzen Fleck, der bei den jungen Zungen auffälliger ist als bei den alten, sich aber auch bei diesen in ansehnlicher Entfernung deutlich erkennen läßt. Bei Annäherung von Feinden bleibt die Zunge wie der Steinbutt und die Scholle regungslos im Sande vergraben liegen, wobei die Fähigkeit, im Einklang mit den Beleuchtungsverhältnissen die Farbe zu verändern, das Versteckspiel wesentlich unterstützt. Sobald der Fisch aber aufgestört wird und sein Heil in der Flucht sucht, richtet er die obere Brustflosse scharf auf und breitet sie gleich einer schwarzen Flagge aus, ähnlich wie das Petermännchen (Trachinus), welches zu den Fischen mit Giftorganen gehört, von denen sogleich unten ausführlich die Rede sein wird.

Für die Auffassung des Verhaltens der Seezunge als einer echten Mimikryerscheinung sprechen verschiedene Tatsachen, so die ähnliche oder gleiche örtliche Verbreitung der Seezunge und des Petermännchens, dieselbe Tiefenverbreitung beider Fische, sowie die Eigentümlichkeit, daß die Brustflosse anderer Plattfische, selbst anderer Soleaarten, nicht schwarz gefärbt erscheint.

Ist somit, wie wir gesehen haben, die Färbung ein geeignetes Schutzmittel im Kampfe zwischen Raub- und Beutetier, welches insbesondere ein gewisses Verborgenbleiben vor dem Feinde bezweckt, so steht diesem eine Reihe von Mitteln gegenüber, die darauf hinauslaufen, auch nach erfolgter Entdeckung dem Räuber die Lust oder den Mut zu nehmen, sich der Beute wirklich zu bemächtigen. In diesem Sinne ist bei Fischen vor allem zu nennen die Ausbildung von starren Stacheln, welche den Angriff des Feindes abzuwehren suchen. Die Stacheln sitzen entweder in den Flossen, sind aber auch am Kiemendeckel und in der Augengegend angebracht; sie können nach Belieben des Fisches aufgerichtet oder niedergelegt werden. Bei manchen Fischen, wie z. B. dem Petersfisch (Zeus faber L.), ist sogar ein eigenes Sperrgelenk vorhanden, welches dem Fische in hohem Maße das Aufrechterhalten seiner wimpelreichen Flosse erleichtert (T h i l o). Die meisten Fische mit Stacheln als Verteidigungswaffen umfaßt die Klasse der Stachelflosser (Acanthopterygier), zu welcher der Flußbarsch (Perca fluviatilis L.),

Zander (Lucioperca sandra Cuv. u. Val.), Schrätzer (Acerina schraetzer L.), Seebarsch (Labrax lupus Cuv.) u. a. gehören. Kammerer beobachtete bei erstgenannten Fischen Droh- und Abwehrstellungen, welche durch Spreizung aller Stachelstrahlen und der Kiemendeckel dokumentiert werden. Ähnliches ist ja vom Stichling (Gasterosteus) bekannt, der mit großem Mute sein Nest verteidigt und selbst die menschliche Hand nicht verschont. In den meisten Fällen werden die Stacheln dem Besitzer von großem Nutzen sein, sie bieten aber vor übermächtigen Räubern keineswegs sicheren Schutz. Denn es wurden z. B. Barsche im Aal- und Hechtmagen und Stichlinge in dem von Hechten und Forellen gefunden (s. Fig. 52).

Häufig verbindet sich nun mit den Stacheln eine Giftdrüse, welche ein heftiges Gift (Toxalbumine) erzeugt, das, in die Wunde des Angreifers gebracht, dessen Tod herbeiführt. Die Zahl dieser giftigen Fische

Fig. 52. Hecht (Esox lucius L.) einen Barsch (Perca fluviatilis L.) verschlingend. (Aufnahme nach einem im Stellnetz gefangenen Exemplare.)

ist eine nicht geringe. Je nach Bau oder Anordnung der Giftapparate unterscheidet Kobert, dem ich die nachfolgenden Ausführungen entnehme, die Giftfische in drei Untergruppen:

1. Fische, welche eine am Gaumen befindliche, mit Giftdrüsen ausgekleidete weite Tasche besitzen, die sich nach einigen Gaumen- und Maxillarzähnen hin entleert und dadurch deren Biß giftig macht. Hierher gehören z. B. die Muräne des Mittelmeers (Muraena helena L.) und die Muräne des Atlantischen Ozeans (Muraena moringa Cuv.).

Die Muräniden haben mit ihrem Giftapparate eine gewisse Ähnlichkeit mit den Schlangen, doch sind bei ihnen die „Giftzähne" weder mit einem Kanal noch mit einer Rinne versehen; sie verursachen durch Zubeißen eine Wunde, in welche das Drüsensekret aus der Gaumentasche tritt.

2. Fische mit Giftdrüsen an (meist drei) Stacheln der Kiemendeckel. Das Gift fließt durch die hohlen Stacheln in die Wunden, welche das Anfassen des Fisches dem Menschen verursacht. Die Giftdrüsen funktionieren in der Regel nur in der Laichzeit. Hierher gehören die beiden Vertreter der als Seeskorpione bezeichneten Fische, nämlich Cottus scorpius L. und Cottus bubalis Euphr. (Seebulle); ferner die Familie der Knurrhähne (Trigliden), von denen die gemeine Seeschwalbe (Trigla hirundo Bl.) und der graue Knurrhahn (Trigla gunardus L.) die bekanntesten Vertreter sind.

3. Fische mit Giftdrüsen, die außer am Kiemendeckel an jeder anderen beliebigen Stelle des Körpers ihren Sitz haben. Stets sitzen die Drüsen

neben einem Giftstachel, an welchem oder durch welchen das Gift in die Wunde fließt. Die Giftdrüse kann für gewöhnlich offen sein, oder sie ist an sich ein geschlossener Sack und öffnet sich nur, wenn ein starker mechanischer Druck auf sie ausgeübt wird. Diese Gruppe umfaßt die Mehrzahl der als Giftfische bekannten Arten. Als Beispiel jener Giftfische, welche den Giftapparat in Gestalt eines Stachels vor der Rückenflosse besitzen, ist der Stöcker (Caranx trachurus L.) zu nennen. In der Nordsee sind zwei Arten der Gattung Trachinus, das Petermännchen (Trachinus draco L.) und die Viperqueise (Trachinus vipera Cuv.) giftig. Diese Fische besitzen sowohl am Kiemendeckel als auch in den ersten Strahlen der Rückenflosse Giftapparate. Die Stacheln sind in ihrer ganzen Länge jederseits mit einer Rinne versehen, in welcher der Ausführgang der sackartigen Giftdrüse in Gestalt eines zarten Röhrchens liegt und so das Gift bis fast zur stahlharten Spitze des Stachels fortleitet (T a s c h e n b e r g). Die Lebensweise ist am besten für die Viperqueise bekannt. Der Fisch liegt in der Regel im Sande vergraben; nur die Spitze des Kopfes mit den Augen und dem Maule, sowie die Rückenflosse ragen daraus hervor. In solcher Lage lauert der Fisch auf Garneelen und Fischbrut, die seine Nahrung bilden. Das Petermännchen zeigt ähnliche Gewohnheiten. Bei beiden Fischen ist die erste Rückenflosse von hervorstechender schwarzer Farbe. Bei Bedrohung wird die Flosse aufgerichtet und in auffälligster Art ausgebreitet. Die Flosse stellt ein „schwarzes Gefahrsignal" in Hinblick auf die Giftigkeit der Fische hin (s. S. 150). Übt dieses Abschreckungsmittel keine Wirkung aus, dann tritt der Giftapparat in Funktion. Auch ein dritter Trachinide, der im Mittelmeer lebende Sterngucker (Uranoscopus scaber L.), hat eine aufrichtbare erste Rückenflosse von kohlschwarzer Farbe, die ebenfalls ein Warnungssignal darstellt; denn der Fisch besitzt einen furchtbaren Stachel am Kiemendeckel und soll giftig sein.

Zu jenen Giftfischen, welche mit vollkommenstem Giftapparat, d. i. mit Hohlstacheln, ausgerüstet sind, die das Gift an ihrer Spitze austreten lassen,

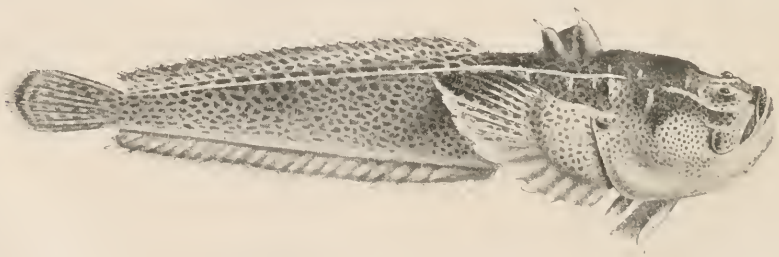

Fig. 53 Thalassophryne reticulata.

gehören die beiden tropischen Fische Thalassophryne reticulata und maculata, auch „Meerkröten" genannt (s. Fig. 53). Beide besitzen einen doppelten

Giftapparat, den einen am Kiemendeckel, den anderen am stacheligen Teile der Rückenflosse. „Am Rande des Kiemendeckels ragt ein etwas nach oben

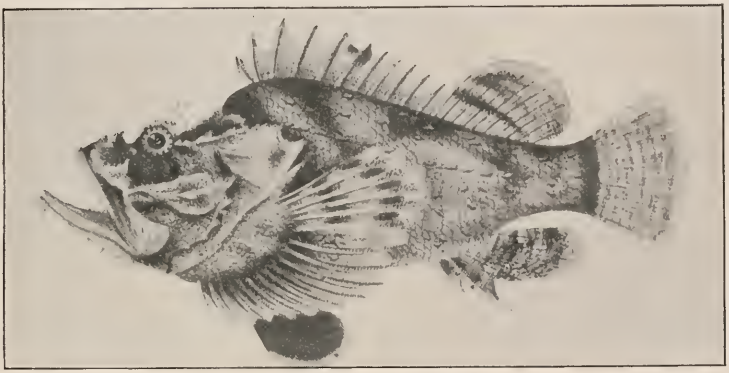

Fig. 54. Scorpaena diabolus.

gebogener, konischer, stilettartiger Fortsatz hinter dem Kopfe hervor, und hinter dem Kopf haben die beiden ersten Stacheln der Rückenflosse die gleiche Beschaffenheit, da sie von einem Kanal durchbohrt sind, und wenn sie sich aufrichten, aus ihrer Spritze das Gift austeten lassen" (T a s c h e n b e r g). Einer weiteren Familie derselben Fischordnung gehören die Drachenköpfe (Scorpaenidae) an. Sie haben einen seitlich zusammengedrückten Körper von länglicher Gestalt, der vielfach eigentümliche Hautanhänge zum Anlocken der Beute trägt, wodurch sie oft ein abenteuerliches Aussehen erhalten. Von den beiden Rückenflossen, die miteinander zusammenhängen, ist die erste stachelig und steht in Verbindung mit einer Anzahl von Giftdrüsen. Während aber der Meereber (Scorpaena porcus L.) und die Meersau (Scorpaena scrofa L.) nicht giftig sind und nur durch den bloßen Stich mit ihren spitzen Stacheln schmerzhafte Wunden verursachen, besitzt der „Seeteufel" (Scorpaena diabolus Cuv. Val.) einen richtigen Giftapparat (s. Fig. 54). Die Drachenköpfe sind Grundfische, liegen träge im Sand oder zwischen den mit Algen bedeckten Felsen, und lauern daselbst auf Beute, die meistens aus kleineren Fischen besteht. Nahe verwandt mit ihnen sind die „Fittichgroppen" (Pterois), welche ebenfalls weniger giftig, als vielmehr wegen des Stiches der Flossenstrahlen sehr gefürchtet sind, zumal die feinen Spitzen derselben leicht abbrechen und in der Wunde stecken bleiben. Eine weitere nahe verwandte Gattung der gleichen Familie ist Synanceia, mit Synanceia horrida L. und Synanceia verrucosa Schrad. (der Zauberfisch oder Laff) als Vertreter. Beide Arten sind sehr giftig. Sie besitzen zu beiden Seiten der Rückenflosse einen langen, prall mit Gift gefüllten, geschlossenen Sack, welcher erst durch eine kräftige Druckwirkung zum Platzen gebracht werden muß, damit das Gift vermittels der gefurchten dreizehn Flossenstrahlen in die Wunde überfließen kann. Der Schmerz, welchen der Stich der Rücken-

stachel auslöst, hält, wie Klunzinger berichtet, mehrere Stunden an und ist heftiger als nach einem Skorpionstich.

Daß auch die Seebarsche (Serraniden) unter den Giftfischen genannt werden, sei hier nur kurz erwähnt, da die Ansichten darüber noch auseinander gehen. Alle bisher genannten Giftfische gehören der Gruppe der Stachelflosser (Acanthopterygier) an. Aber auch unter den Weichflossern (Physostomen) finden wir in der Familie der Welse (Siluriden) einige Vertreter. Zu nennen wären hier Platosus canius Hum. und Platosus anquillaris Bl. Die Rückenflosse dieser Tiere besitzt einen starken, langen, hohlen Stachel, der mit einem Giftapparate in Verbindung steht. Beim Stich bricht die feine geschlossene Spitze des Stachels ab und das Gift entleert sich in die Wunde.

Zum Schlusse muß erwähnt werden, daß auch unter den Selachiern den Rochen (Rajiden) Giftwirkungen zugeschrieben werden. Unter diesen sollen die beiden Familien der Stechrochen (Trygoniden) und Adlerrochen (Myliobatiden) diese Eigenschaften besitzen. Der gemeine Stechrochen (Trygon pastinaca L.) hat auf seinem langen Schwanz mehrere mit Widerhaken versehene Stacheln als Ersatz für die Rückenflosse und ist imstande, mit denselben schmerzhafte Wunden zuzufügen. Die Stacheln sind weder hohl noch gefurcht und sollen jährlich durch neue ersetzt werden. Werden die Fische gereizt, so schlingen sie den biegsamen Schwanz um den Gegenstand ihres Zornes und drücken dabei die Stacheln in die Wunden. Die Verletzung, die an und für sich schon eine schwere ist, wird noch schlimmer durch einen giftigen Schleim, welcher von der Oberfläche des Fisches abgeschieden wird und an den zerrissenen Wundrändern zurückbleibt, die dann zu heftigen Entzündungen neigen. Auch der Teufels- oder Adlerrochen (Myliobatis aquila L.) soll vermöge seines starken Rückenstachels ähnliche Wunden schlagen können. Endlich muß bemerkt werden, daß auch die Petromyzonten oder Neunaugen in gewissen Hautdrüsen ein giftiges Sekret bilden, das aber in keiner Weise aktiv einem anderen Tiere beigebracht wird, es sei denn, das Neunauge werde von einem solchen als Nahrung benutzt.

Die Rochen führen zu jenen Fischen über, welche nicht allein Defensivwaffen besitzen, sondern sich derselben hauptsächlich zur Erlegung ihrer Beute bedienen. Zu den gefürchtetsten Räubern zählen vor allem der Schwertfisch (Xiphias gladius L.) und der Sägefisch (Pristis antiquorum Lath.). Ersterer besitzt einen langen, spitzigen, schwertförmigen Oberkieferfortsatz, der eine furchtbare Angriffswaffe darstellt. Mit diesem macht er auf Thunfische Jagd, indem er sie mitten durch den Körper aufspießt, und sogar Walfische nicht verschont. Vielfach wird bestätigt, daß Schwertfische zuweilen Boote angreifen, dieselben von unten durchstoßen und zum Sinken bringen. Dabei pflegt das „Schwert" abzubrechen und in der Holz-

wand stecken zu bleiben. So wird im British Museum das Stück einer zwei Zoll dicken Planke eines Walbootes aufbewahrt, das ein Schwertfisch durchbohrt hat. Ein zweiter gefürchteter Räuber ist der den Rochen nahestehende Sägefisch. Die „Säge", welche seine Angriffswaffe bildet, besteht aus drei bis fünf zylindrischen Hohlröhren, die nebeneinander liegen, gegen das Ende zu immer schmäler zulaufen und von einer Knochenablagerung umhüllt werden. Die Zähne der Säge sind in tiefe Alveolen dieser Verknöcherung eingepflanzt. Sägefische sollen ihre Waffe dazu benutzen, sie in den Leib von Beutetieren einzustoßen und diesen Fleischstücke herauszureißen. In neuerer Zeit wird von verschiedenen Autoren diese Funktion der „Säge" stark angezweifelt und der Meinung Ausdruck gegeben, daß sie viel eher zum Aufwühlen des Meeresbodens benutzt wird, wobei die seitlichen Zähne wie die Zinken eines Kammes die im Schlamm verborgenen Nahrungstiere, wie Würmer, Krustentiere u. dgl., zurückhalten.

Zu Fischen, die mit besonderen Angriffswaffen ausgestattet sind, zählen die elektrischen Fische. Über den Bau des elektrischen Organs war schon auf S. 18 ausführlich die Rede. Die Fähigkeit, elektrische Schläge auszuteilen, kommt einer größeren Anzahl von Fischen zu, doch variiert die Stärke der entwickelten elektromotorischen Kraft bei den verschiedenen Arten. Während die Mehrzahl (etwa fünfzig) zu den schwachelektrischen („pseudoelektrischen") gezählt wird, kennt man nur wenige Fische als starkelektrische. Zu ersteren gehören u. a. die Rochen und die die Gewässer Afrikas bewohnenden Schnabelfische (Mormyriden). Der Sitz des elektrischen Organs ist bei diesen Fischen im Schwanze; doch ist der von ihm erzeugte elektrische Strom so schwach, daß er nur mit Hilfe von Galvanometern nachzuweisen ist. Eine Wirksamkeit als Angriffs- oder Verteidigungswaffe erscheint daher ziemlich ausgeschlossen. Anders ist es mit den starkelektrischen Fischen, die durch den Zitterrochen (Torpedo marmorata Risso. und Torpedo ocellata Rud.), den Zitteraal (Gymnotus electricus L.) und den Zitterwels (Malopterurus electricus Lacép.) vertreten sind. Beim Zitterrochen liegen die elektrischen Organe in Gestalt einer umfangreichen Masse seitlich von den Kiemen, beim Zitterwels umgeben sie wie ein Mantel fast den ganzen Leib und sind an den Seiten am stärksten entwickelt, beim Zitteraal nehmen sie die ganze Unterseite des langen Schwanzes ein. Für die Größe der Leistungen, die die genannten Fische vollbringen, ist maßgebend die Zahl der einzelnen Fächer oder Kästchen, die wie eine Unmenge hintereinander geschalteter, winziger Elemente wirken. Die Zahl der Platten beträgt beim Zitterrochen 377, beim Zitteraal etwa 6000. Der Schlag erfolgt nur auf Impulse vom Nervensystem her, mit dem jede Platte in Verbindung steht. Das Zentrum der Innervation bildet beim Zitterrochen ein eigener Lappen (Lobus electricus), beim Zitterwels wird die ganze Zahl der Fächer einer Körperhälfte von nur einer einzigen riesigen Ganglienzelle aus

versorgt. Die Frequenz der einzelnen Entladungen ist eine sehr hohe. Beim Rochen kann man bis 150 pro Sekunde zählen, beim Zitterwels je nach der Temperatur 100—280 (P ü t t e r). Die Zeit und Stärke der Entladung unterliegt vollständig der Willkür des Fisches. Nach einiger Zeit, zumal wenn ein Tier mehrere Schläge ausgeteilt hat, erschöpft sich die Kraft und es bedarf längerer Ruhe und Nahrungszufuhr, um sie wiederherzustellen. Ebenso kann durch Durchschneiden der vom Gehirn zuführenden Nerven das elektrische Organ außer Tätigkeit gesetzt werden.

Wie schon erwähnt, dient das elektrische Organ dem Besitzer in erster Linie zur Überwältigung, Betäubung oder Tötung der Beutetiere, kann aber natürlich auch zum Verteidigungsmittel gegen Feinde werden. Neuere Untersuchungen über den Zitterrochen haben ergeben, daß dessen elektrische Entladungen von außerordentlicher Kraft sind und hinreichen, um ein Pferd mit einem Schlage zu Boden zu strecken. Auch der südamerikanische Zitteraal verfügt über eine starke elektromotorische Kraft. Fische und Frösche werden von ihm sofort getötet und dann von dem gefräßigen Räuber verschlungen. Auch wird berichtet, daß durch die Entladungen seiner Batterie Menschen und Lasttiere, sofern sie die Furten der Flüsse passieren, gelähmt und hingestreckt werden können. Über relativ schwache Entladungen verfügt der Zitterwels, doch reichen sie hin, um kleinere Nahrungstiere zu töten. Der Fisch liegt träge im Schlamm des von ihm bewohnten Gewässers und lauert hier verborgen auf Beute.

3. Synökie, Symbiose, Parasitismus.

Die Beziehungen zwischen Raubtier und Beute sind stets feindliche, da ersteres die rasche Vernichtung der letzteren im Auge hat. Nun gibt es im Tierreiche zwischen den Bewohnern desselben Wohngebietes noch eine Reihe von Beziehungen, die, wie K r a e p e l i n sagt, nichts weniger als freundliche sind, keinesfalls aber die unmittelbare Vernichtung der einen Partei bezwecken. Es ist ja bekannt, daß unter dem Einfluß gleicher Lebensbedingungen in einem Bezirk nicht nur Individuen derselben Art, sondern auch solche verschiedener Art gesellig leben, ohne sich weiter zu beeinflussen als durch Nachbarschaft und mehr oder weniger ähnliche Bedürfnisse der Nahrung und Atmung. Bei genauerem Studium erweisen sich die Beziehungen dieser Lebensgemeinschaften (Biocönosen) sehr mannigfaltig und lassen sich, da man die Biologie vieler Tiere, zumal von Meerbewohnern, nicht genau kennt, nur schwer in ein bestimmtes Schema einreihen. Das gilt auch von den Fischen; hier handelt es sich meist um kleine Formen, deren Lebensweise dem Auge des Forschers noch vielfach entgangen ist.

Im allgemeinen pflegt man bei Tieren, welche andere zu eigenem Vorteil ausnutzen, zu unterscheiden zwischen echten S c h m a r o t z e r n oder

Parasiten und solchen, die aus irgendeinem Grunde ihren Vorteil in der Vergesellschaftung mit dem Wirtstier finden. In letzterem Falle kann nun das Zusammenleben zweier oder mehrerer Individuen von gegenseitigem Nutzen sein, wobei dieselben entweder vollkommen auf einander angewiesen sind und daher stets nur miteinander gefunden werden (Symbiose), oder auch voneinander unabhängig vorkommen (Mutualismus).

Man pflegt ferner die Vergesellschaftung mit dem Wirtstier als Synökie zu bezeichnen, wenn das eine Tier mit dem Wirtstier die Wohnung teilt, und unterscheidet zwischen Epöken, Synöken und Paröken, je nachdem der betreffende Gast auf oder in dem Wirtstier wohnt oder dessen Wohnung teilt bzw. sieh nur in der Nähe des Wirtstieres aufhält. Findet das Gasttier dabei zugleich seine Nahrung, so wird es als Kommensal bezeichnet. Der Kommensal wird vom Wirt an dessen Tisch empfangen, um mit ihm seine Nahrung zu teilen. Er lebt nicht auf Kosten seines Wirtes; alles, was er wünscht, ist eine Unterkunft und etwas von dessen Überfluß (van Beneden).

Betrachten wir vorerst die Synökie bei Fischen. Das bekannteste Beispiel ist wohl der Schiffshalter (Echeneis), welcher sich vermittels seiner Saugscheibe mit Vorliebe an andere Fische, Schildkröten, Walfische und fahrende Schiffe ansaugt, und mit diesen weite Reisen unternimmt, vermutlich um sein Jagdrevier zu erweitern (s. Fig. 6). Da der Fisch den größten Teil seines Lebens als „Transportschmarotzer" verbringt, hat seine Färbung in Anpassung an diese Lebensweise eine Veränderung in der Weise erfahren, daß die Rückenseite hell, die Unterseite dunkel gefärbt erscheint. Der Fisch wird wegen seiner Ansaugeeigenschaft von Bewohnern der ostafrikanischen Küste zum Fang der Seeschildkröten verwendet, indem man ihn, an einer Leine befestigt, auf diese losläßt, worauf der Fisch sich ansaugt und die Schildkröte an der Leine gefangen ist. Ein weiteres berühmtes Beispiel von Synökie im engeren Sinne ist das Zusammenleben des kleinen Fisches Fierasfer acus Brünn. mit der Seegurke Stichopus moebii oder Stichopus regalis. Linton konnte den Vorgang, wie der Fisch in das Wirtstier schlüpft, näher beobachten. Da der Fisch scheinbar schlecht sieht, tastet er mit dem Kopfende den Körper der Seegurke bis zu deren Kloake ab, biegt hierauf sein Schwanzende ein und führt damit einen Stoß aus, wodurch der Schwanz etwa 5 mm weit zwischen die Kloakenmuskeln hineingepreßt wird. Dann wird allmählich der übrige Körper eingeschoben, wobei die Flossenstrahlen diese gleitende Bewegung unterstützen. Der ganze Prozeß dauert etwa eine halbe Minute. Außer bei Seegurken (Holothurien) sucht Fierasfer noch Schutz bei Seesternen und zwischen Kiemen von Muscheln. Seine Nahrung sucht er außerhalb seines Wirtstieres; sie besteht aus Krustern und anderen kleinen Meerestieren, die durch die Exkremente des Wirtstieres angelockt werden.

Außer diesen bestbekannten Fällen von Synökie der Fische gibt es deren noch mehrere, die erst in neuerer Zeit bekannt geworden sind. So halten sich zwischen den Mundarmen und Tentakeln von Quallen (Chrysaora) junge „Stöcker" (Carangiden) auf, die durch die Nesselzellen der Meduse gegen alle Feinde geschützt sind. Sie begleiten die Qualle auf allen ihren Wanderungen und verlassen die Glocke, wenn keine Gefahr vorhanden ist, bei Annäherung eines Feindes ziehen sie sich aber schnell in ihr Versteck zurück. Ähnlich vergesellschaftet der pelagische Fisch Nomeus Gronovii die treibende Siphonophore Physalia, indem oft bis zu zehn Tieren Schutz unter ihren nesselnden Tentakeln suchen. Wahrscheinlich genießen sie dabei noch den Vorteil, daß ihnen kleinere Tiere, die durch das Gift der Meduse betäubt werden, zur Beute fallen.

Einen weiteren Fall von Synökie beschreibt P l a t e, den er vor kurzer Zeit auf den Bahamainseln beobachten konnte. Hier lebt die Riesenschnecke Strombus gigas, welche von den Einwohnern als Nationalgericht geschätzt wird. In der Mantelhöhle dieser Schnecke fand P l a t e ein kleines Fischchen von 3 bis 6 cm Länge, das er Apogonichthys strombi nennt. Dieses verläßt die Schnecke vermutlich nur bei Nacht, um seiner Nahrung, die aus Garneelen, Asseln und anderen Krustazeen besteht, nachzugehen. Hebt man die Schnecken aus dem Wasser hervor, so ziehen sie den Fuß ein, wobei nach P l a t e s Beobachtung die Fischchen aus der Mantelhöhle herausfallen. Wird zugleich mit der Schnecke ein solcher Fisch in ein Wassergefäß gesetzt, so wandert derselbe in die Schnecke ein. Gewöhnlich lebt in einer Schnecke nur ein Fisch, höchstens deren zwei. Die Schnecke hat vermutlich von ihrem Einwohner keinen Nutzen und gewährt dem Einmieter in selbstloser Art Schutz vor Gefahren.

Eine besondere Art von Synökie endlich wurde schon im Kapitel „Brutpflege" erwähnt. Sie betrifft den Bitterling (Rhodeus), dessen Weibchen die Eier mit langer Legeröhre zwischen die Kiemenblätter der Teichmuscheln (Anadonta) legt, wo die junge Brut bis zur Dottersackaufzehrung verweilt. „Gewissermaßen als ein Akt der Vergeltung erscheint es, wenn dann auch umgekehrt die jungen, hakenbewaffneten Larven der Fluß- und Teichmuscheln (Glochidiumstadium) bald nach ihrem Ausschwärmen sich an die Haut der Süßwasserfische anheften und hier in einer pustelartigen Wucherung ihre Entwicklung zum fertigen, wenn auch sehr winzigen Muscheltier durchmachen" (K r a e p e l i n).

Neben der Synökie im engeren Sinne unterscheidet man bei Fischen noch eine P a r ö k i e, wobei sich die Fische in der Nähe des Wirtstieres aufhalten und bei ihm Schutz gegen Feinde finden. Am bekanntesten sind die Korallenfische (Labriden, Skariden, Chaetodontiden, Pomacentriden und andere), jene Gesellschaft kleiner farbenprächtiger Fischchen, die vollkommen an das Leben zwischen den buntfarbigen Pflanzentieren der

Korallenriffe angepaßt sind. Bei drohender Gefahr suchen dieselben in den Spalten der Riffe Schutz und fühlen sich zwischen den wohlgeschützten Korallenästen sicher und geborgen (s. Fig. 55). Da die Fische hier auch öfters Nahrungsbrocken finden, so kann ihr Zusammenleben mit den Korallen auch als Kommensalismus angesehen werden. Deutlich ist derselbe ausgeprägt zwischen Hai- und Lotsenfisch (Naucrates ductor Bl.). Letzterer umschwärmt gewöhnlich paarweise einen Hai, findet bei ihm Schutz und frißt wahrscheinlich die abfallenden Brocken der Haifischnahrung. „Fängt man den Hai, so folgen ihm seine Lotsen, bis man ihn emporwindet, und erst dann fliehen sie. Finden sie aber keinen anderen Hai, so halten sie

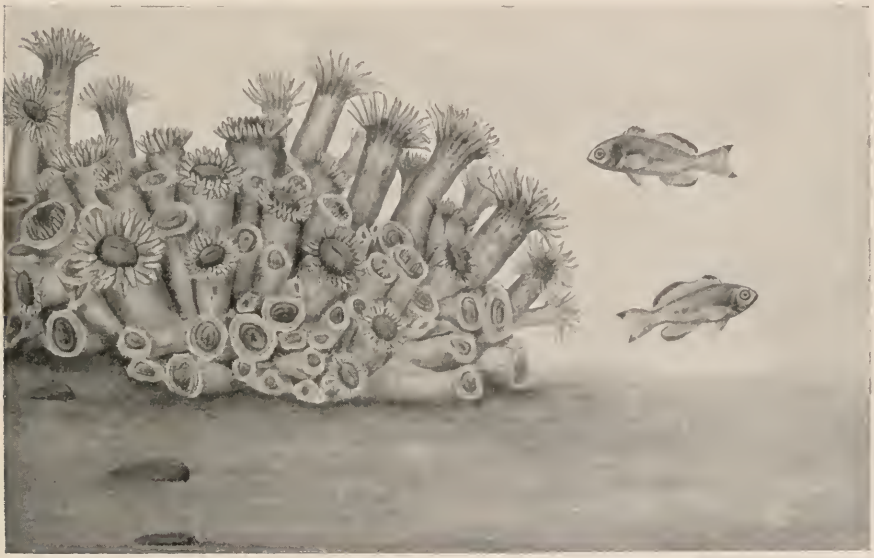

Fig. 55. Koralle Astraea sp. mit dem von ihr geschützten Fisch. (Nach Doflein.)

sich an das Schiff selbst und folgen diesem oft mehrere Tage lang, bis sie wieder ihr Glück gemacht haben" (Brehm). In ähnlicher Weise bewohnen kleine Welsformen (Stegophilus, Vandellia) die Mundöffnung einer Seeanemone (Platystoma) und bestimmter aalartiger Fische (Ophichthys, Apterichthys), die Kiemenhöhle des Seeteufels (Lophius), um sich von deren Beute mitzuernähren.

Ist nun die Tiergenossenschaft eine solche, daß sie zum Vorteile beider Genossen gereicht, wobei aber beide Individuen vollkommen aufeinander angewiesen sind, so spricht man von Symbiose. In vielen Fällen ist es sehr schwer, sie vom Mutualismus zu scheiden, der bekanntlich das Gesetzmäßige der symbiontischen Verbindung ausschaltet, d. h. es können beide Tiere auch unabhängig voneinander vorkommen. Als Beispiel einer Symbiose kann das Verhältnis zwischen dem kleinen indischen

Fisch Amphiprion percula und der großen gelben Aktinie Discosoma gelten. Der Fisch lebt zwischen den mit Nesselkapseln bedeckten Tentakeln dieser Riffaktinie und flüchtet bei Gefahr bis in den Magenraum derselben. Niemals fand Weber den Fisch ohne die Aktinie. Als Dank für diesen Schutz teilt der Fisch seine Nahrung mit seiner Freundin, indem er ihr größere Stücke in den Schlund schiebt und sich selbst nur feinere Faserstücke abreißt. Sluiter meint, daß der Fisch durch seine Bewegungen das Wasser oberhalb der Aktinie erneuere oder durch seine auffallende Färbung ihr Beute zuführe; vielleicht reinigt er sie auch von Speiseabfällen.

Der Kommensalismus kann leicht zum Parasitismus führen, sofern Vergesellschaftung mit deutlicher Schädigung des einen Gesellschafters auftritt. Man kennt einen Ekto- und Entoparasitismus, je nachdem der Parasit auf oder in einem bestimmten Organismus lebt, aus seiner Körpersubstanz sich ernährt und zugleich mit dem Tode seines Wirtes zugrunde geht. Auch pflegt man zwischen einem zeitweiligen und einem dauernden Parasitismus zu unterscheiden. Unter den Fischen ist es besonders die Gruppe der Rundmäuler (Cyclostomen), welche hierher gehört und in der Familie der Neunaugen Ektoparasiten, in derjenigen der Myxinoiden oder Schleimfische sogar Entoparasiten beistellt. Die Neunaugen saugen sich an Fischen, Fröschen und Würmern fest und „raspeln" mit ihren Hornzähnen ganze Löcher in das Wirtstier ein. Dabei werden sie von ihren Opfern mitgeschleppt. So hat man, wie Günther berichtet, im Mittellaufe des Rheines Lachse gefangen, an denen Meereslampreten angesaugt waren. Die europäischen Neunaugen sollen weniger blutdürstig sein als die amerikanischen, deren Darm oft mit Fischblut gefüllt erscheint.

Das Ansaugen geht, wie Schreitmüller beim Bachneunauge im Aquarium beobachten konnte, sehr schnell vor sich. Der Fisch wehrt sich nach Leibeskräften, fährt im Behälter wie toll umher und sucht an Steinen seinen Peiniger abzustreifen. Das gelingt ihm indes nicht; das Neunauge läßt erst dann von seinem Opfer ab, bis es durchsägt ist. Letzteres geht dann einem sicheren Tode entgegen. Als Innen- oder Entoparasiten sind die Ingerarten (Myxinoiden) bekannt, welche sich vorzugsweise in das Innere von Gadiden (Schellfisch, Dorsch u. a.) einbohren, um bei lebendem Leibe alle Weichteile des Fisches bis auf die Haut reibend zu verzehren.

Neuerdings wird auch die kleine Siluridengattung Südamerikas Vandellia von verschiedenen Autoren als parasitisch bezeichnet, indem dieselbe auf der Haut und den Kiemen größerer Fische Wunden schlagen. Auch wird behauptet, daß diese Fischchen gelegentlich sogar in die Harnröhre badender Menschen eindringen und schwere Störungen hervorrufen sollen. Bisher sind drei Spezies bekannt geworden: Vandellia cirrhosa Cuv. u. Val., Vandellia Plazai C. und Vandellia Wieneri.

Die Zahl der Fische als Parasiten ist gering; groß dagegen das Heer

jener Schmarotzer, welche sich auf den Fischkörper selbst werfen, wobei dieser die Rolle des Wirtes übernimmt. Damit komme ich zum Kapitel über

4. Parasiten, Krankheiten und Feinde der Fische.

Dasselbe sei an dieser Stelle nur auszugsweise behandelt, zumal über diesen Gegenstand reichhaltige Spezialliteratur — ich erinnere unter anderem nur an H o f e r s vortreffliches Handbuch der Fischkrankheiten — existiert.

Die Parasiten der Fische zerfallen in tierische und pflanzliche. Unter den Tieren gibt es drei Typen, die als Parasiten auf den Fischen leben, nämlich Protozoen, niedere Krustazeen und Würmer. Vertreter aller drei Gruppen werfen sich schmarotzend auf den Fischkörper, indem sie sich entweder nur auf der Oberfläche desselben, auf Haut und Kiemen aufhalten, oder in das Innere des Körpers eindringen. Danach unterscheidet man Ekto- und Entoparasiten. Letztere siedeln sich in offenen, mehr oder weniger leicht zugänglichen Teilen, den Kiemen und dem Darmkanal an, sie können aber auch in eingekapseltem Zustande in vollständig geschlossenen Organen, den Muskeln, Augen und der Schwimmblase liegen.

Die Übertragung des Parasiten geschieht meist auf dem Wege der aktiven Wanderung, indem derselbe als Ei, Larve oder ausgebildetes Tier am oder im Wirtstiere festen Fuß faßt. Bei vielen Entoparasiten tritt an Stelle der aktiven die passive Wanderung, indem der Wirt, welcher den Schmarotzer in sich birgt, von einem anderen Tier gefressen wird. Grad und Dauer des Schmarotzertums sind bei den einzelnen Fischparasiten verschieden. Manche schmarotzen, wie Z s c h o k k e sagt, während des ganzen Lebens, bei anderen sind freie Stadien in mehr oder weniger reichem Maße in die Lebensgeschichte eingestreut. Über die Art der Anpassung an das Schmarotzertum meint Z s c h o k k e ganz richtig: „Vom nur gelegentlich parasitierenden Blutegel, von der jungen Muschel, die sich nur kurze Zeit vom Fisch herumtragen läßt, bis zum Bandwurm im Darmkanal des Hechtes oder des Lachses und dem Spulwurm aus dem Barsch, typischen entoparasitischen Gestalten, stoßen wir auf mancherlei Zwischenstufen.“

Ohne hier auf die einzelnen Gruppen näher einzugehen, seien die Hauptvertreter nur kurz gestreift. Von Urtieren müssen genannt werden der Flagellat Costia necatrix Henn., die Infusorien Ichthyophthirius multifiliis Fouquet, Chilodon cyprini M., Cyclochaeta Domerguei W. und von Myxosporidien Myxobolus exiguus Thél., Nosema anomalum Moniez., Myxobolus Pfeifferi Thél. u. a. Die Krustazeen stellen nur Ektoparasiten, welche meist zu den Familien der Lernaeiden (Laernaeocera cyprinacea L. auf Karauschen, Lernaea branchialis L. auf Dorsch und Flunder), Lernaeopodiden (Achtheres percarum N. auf Barsch), Ergasiliden (Ergasilus Sieboldii v. Nordm. auf Karpfen, Hecht usw.) und Arguliden gehören. Der be-

kannteste Vertreter der letzteren ist Argulus foliaceus L., die gemeine Karpfenlaus.

Die meisten Parasiten, sowohl Ekto- wie Entoparasiten, liefern die Würmer; sie gehören den Ordnungen der Saugwürmer (Trematoden), Bandwürmer (Cestoden), Egel (Hirudineen) und Kratzer (Akanthocephalen) an. Die Zahl der aus diesen Abteilungen bekannten Schmarotzer beträgt einige hundert Arten. Im allgemeinen ist ihr Vorhandensein für den Fisch nicht von großem Nachteil, solange sie in einzelnen Exemplaren den Fischkörper befallen. Anders dagegen verhält sich die Schädlichkeit der genannten Parasiten, wenn ihnen die Gelegenheit gegeben wird, sich massenhaft zu entwickeln. Sie können in diesem Falle sowohl in freier Natur als auch in künstlichen Zuchten große Fischbestände zugrunde richten.

Neben tierischen Parasiten unterscheidet man noch pflanzliche. Sehen wir zunächst von den Bakterien als den gefährlichsten Krankheitserregern ab, so kommen als Pflanzenparasiten die Pilze in Betracht. Vornehmlich sind es die zu diesen gehörigen Saprolegniaceen, welche als Außenparasiten eine große Rolle spielen und dem Fischzüchter unter dem Namen Byssus bekannt sind. Sie können sowohl auf Fischeiern, als auch auf der Brut und an erwachsenen Fischen derart häufig grassieren, daß man sie lange Zeit für primäre Krankheitserreger gehalten hat. Das ist indes nicht der Fall, vielmehr treten die Pilze an Fischen nur dann auf, wenn dieselben durch irgend eine andere Ursache entweder erkrankt oder zum mindesten geschwächt sind. So sind z. B. erkältete oder an Darmentzündung erkrankte Fische auf der Haut stets verpilzt. Ein gesunder Fisch ist dagegen, wie Hofer ausführt, imstande, selbst wenn man ihm künstlich Wunden beibringt und in diese Pilzfäden oder Sporen einimpft, sich gegen diese Parasiten erfolgreich zu wehren. Daher die Erscheinung, daß Verpilzungen an gesunden Wildfischen nicht zur Beobachtung gelangen, und wenn dies doch der Fall ist, die betreffenden Fische sicherlich primär an anderen Ursachen erkrankt sind.

Treten die pflanzlichen Parasiten meist nur als Außenschmarotzer auf, so sind gerade in neuester Zeit zwei Fischerkrankungen bekannt geworden, deren Ursache bzw. Erreger (wahrscheinlich) in entoparasitischen Pilzen zu suchen sind. Die eine Krankheit ist die sogenannte Taumelkrankheit der Salmoniden, welche durch einen zu den Phykomyceten gestellten Pilz, Ichthyophonus Hoferi Pl. u. M., hervorgerufen wird, während vermutlich ein anderer Phykomycete, Branchiomyces sanguinis Plehn, eine gefährliche Blut- bzw. Kiemenkrankheit bei Karpfen zur Folge hat. Endlich ist kürzlich durch Link ein Fall von Algenparasitismus bei Karpfen bekannt geworden. Es sind kleine, braungrün gefärbte Algen, die der Gruppe der Protococcaceen angehören und zwischen den Hautchromatophoren wuchern. Die infizierten Fische sehen wie mit feiner Grütze übersät aus. Der durch

diese Algen dem Wirte zugefügte Schaden besteht in Trübungen des Gewebes in der Umgebung des Parasiten, die auf Entzündungen der Bindegewebszellen zurückzuführen sind.

Die gefährlichsten und gefürchtetsten Krankheitserreger bei Fischen sind, wie schon oben kurz erwähnt, die ebenfalls dem Pflanzenreich angehörigen Bakterien. Trotzdem erst eine verhältnismäßig geringe Zahl derselben bekannt ist, so ist es sicher, daß die meisten, namentlich in Fischzuchtanstalten vorkommenden Krankheiten auf bakterielle Erreger zurückgeführt werden müssen. Sie sind zumeist eine Folge der künstlichen Fütterung, zumal wenn bei Anwendung einer solchen Futterreste in Verwesung übergehen und den pathogenen Bakterien einen außerordentlich günstigen Nährboden darstellen, welche, in den Fischkörper gelangt, große Epidemien hervorrufen können. Bisher bekannte, mit Sicherheit konstatierte und auf Bakterien als Erreger zurückgeführte Krankheiten sind: die Furunkulose der Forellen, die Schuppensträubung der Weißfische, die Rotseuche der Karpfen, die Lachspest, die Gelbseuche der Rotaugen, die Fleckenkrankheit des Bachsaiblings u. a. Es ist hier nicht der Platz, auf die einzelnen Erkrankungen, die äußerst komplizierte Bilder aufweisen, näher einzugehen. Wenn Fische von pathogenen Bakterien befallen werden, reagieren sie zuweilen in der Weise, daß sich Geschwüre auf der Haut, in der Muskulatur oder im Darm ausbilden, daß sich Schuppen aufrichten und ausgedehnte Veränderungen auf der Haut entstehen. Zuweilen bleiben aber pathologisch-anatomische Veränderungen vollständig aus; die erkrankten Tiere erscheinen dann bis zum Tode nur auffallend schwach und zeigen vor der Agonie eine erhöhte Atemfrequenz, welche mit einer fieberhaften Temperatursteigerung zusammenhängt (s. S. 60).

Außer den genannten Krankheiten, welche insgesamt auf parasitäre Erreger aus dem Pflanzen- oder Tierreich zurückzuführen sind, unterscheidet man bei Fischen noch die sogenannten konstitutionellen Erkrankungen, über die aber, abgesehen von gewissen bei der Mästung, Bastardierung und Inzucht auf dem Wege der Vererbung entstandenen Mißbildungen und Defekten, wenig bekannt ist. Anders verhält es sich dagegen mit jenen Krankheiten, die durch Veränderung der natürlichen Existenzbedingungen der Fische hervorgerufen werden, wie z. B. plötzliche Temperaturerniedrigungen (Erkältung), Verminderung des Sauerstoffgehalts (Erstickung), chemische oder mechanische Veränderung des Wassers. Werden z. B. Gewässer verunreinigt, so führt dieser Umstand entweder zu raschem Tode der Fische (akute Vergiftung) oder zu einer chronischen Erkrankung, wobei Haut und Kiemen überaus stark angegriffen werden. Oft tritt Erblindung ein und die Fische müssen, wenn sie nicht schon früher den Verletzungen erlegen sind, die Säuren, Alkalien und Metallsalze zur Folge haben, verhungern, da sie ihre Nahrung nicht mehr sehen und ergreifen können.

Außer Krankheiten und Parasiten richtet auch eine Schar von Fischfeinden aus der niederen und höheren Tierwelt unter den Fischen zuweilen großen Schaden an und trägt so im „Kampf ums Dasein" stark zur Dezimierung bei. Zu nennen sind von niederen Tieren alle schädlichen Insekten, wie Wasserwanzen (Ranatra, Notonecta, Naucoris), Wasserkäfer (Dytiscus, Hydrophilus), Libellenlarven (Libellula, Aeschna) u. a., von höheren Tieren die Frösche samt ihren Larven (Kaulquappen), Ringelnattern (Tropidonotus), Eisvögel (Alcedo), Wasseramseln (Cinclus), Enten (Anatiden), Taucher (Podicipediden), Reiher (Ardeiden), Möwen (Lariden), Fischadler (Pandion), Kormoran (Phalacrocorax), unter den Säugetieren Wasserspitzmäuse (Neomys), Ratten (Mus), Fischotter (Lutra) u. a.

Als schlimmster Feind der Fische muß indes der Mensch angesehen werden. Ich nenne hier als hauptsächlichste Schädigungen durch denselben den Diebstahl, die Raubfischerei, die Wasserbauten und die Verunreinigung der Gewässer. Besonders die beiden letztgenannten Faktoren tragen außerordentlich zur Verödung der Gewässer bei. Die Flußkorrektionen schließen die fruchtbarsten und für die Erhaltung und Vermehrung des Fischbestandes wertvollsten Teile von der Kommunikation mit dem Flußbett ab, hohe Wehre und Schleusenwerke versperren die ganze Breite des Flußbettes und verhindern die Fische am Aufstieg. Mit dem Emporblühen der Industrie und der Städte werden ferner die öffentlichen Gewässer auf das härteste mitgenommen und bedrohen den noch vorhandenen Fischbestand mit vollständiger Vernichtung. Die Klagen über die zunehmende Verödung der Gewässer werden immer lauter, so daß man einer Abhilfe nach verschiedenen Richtungen durch Schutzmaßregeln, Vermehrung und Zucht der Fische Rechnung tragen mußte. Gesetzgebung und Verwaltung hatten schon seit dem Mittelalter in verschiedener Weise eingegriffen, indem sie namentlich Schonzeiten für die einzelnen Fischarten festsetzten, zugleich die Größe angaben, unter welcher die gefangenen Fische nicht feilgeboten werden durften oder auch gewisse, besonders schädliche Fangweisen verboten und zahlreiche andere Verordnungen zum Schutze der Fischerei erließen. Auch die heutige Gesetzgebung greift in diesem Sinne ein und sucht durch besondere Verordnungen der gänzlichen Ausrottung der Gewässer entgegenzusteuern. Welcher Art aber auch diese zum Schutze der Fischerei erlassenen Vorschriften seien, sie wären, wie Hofer sagt, alle miteinander nicht annähernd imstande gewesen, den fortschreitenden Rückgang der Fischerei aufzuhalten gegenüber den übermächtigen Faktoren, welche die moderne Kultur mit ihrer zunehmenden Industrie und der immer stärkeren Beanspruchung der Wasserläufe im Gefolge hat, wenn nicht durch die Fischzucht entsprechendes Gegengewicht geschaffen und eine künstliche Vermehrung der Fische erreicht worden wäre. Das führt zur Betrachtung des letzten Kapitels dieser Abhandlung, welche wir betiteln können:

5. Der Fisch als Zuchtobjekt des Menschen.

Wie beim Kapitel „Fischkrankheiten" usw. liegt es keineswegs im Rahmen dieser Zeilen, eine genauere Darstellung der gesamten Fischzucht zu geben, es muß, wie auch dort, auf die reichhaltige Spezialliteratur hingewiesen werden, und kann hier nur auszugsweise das Wichtigste hervorgehoben werden.

Den Anstoß zur modernen Fischzucht gab die Erfindung oder vielmehr die Wiederaufnahme der künstlichen Befruchtung der Fischeier. Die eigentliche Entdeckung der künstlichen Befruchtung ist das Verdienst von Stephan Ludwig J a k o b i (1709—1784); seine ersten Versuche begannen schon im Jahre 1725, aber erst 1763 gelangten gedruckte Nachrichten über seine Entdeckung in die Öffentlichkeit. Ungeachtet des großen Aufsehens, welches die Sache damals erregte, geriet J a k o b i s Entdeckung, zumal zu jener Zeit noch kein Bedürfnis vorlag, die reichbevölkerten Gewässer durch künstliche Befruchtung von Fischen in ihrem Bestande zu heben, vollständig in Vergessenheit; sie wurde zu Beginn der vierziger Jahre des neunzehnten Jahrhunderts von den beiden Fischern R é m y und G é h i n wieder neu „entdeckt" und durch den Embryologen C o s t e populär gemacht. Die künstliche Befruchtung besteht darin, daß man erst dem Weibchen die Eier und dann dem Männchen den Samen abstreicht, beide Produkte „trocken" zur Vermischung bringt und erst dann unter Wasserzusatz die Befruchtung vor sich gehen läßt. Ursprünglich wandte man die sogenannte „nasse Methode" an, doch gab man sie wegen der kurzen Lebensfähigkeit der Spermatozoen (s. S. 71) wieder auf und wendet heute fast allgemein die „trockene" Methode an.

Bei Süßwasserfischen wird die künstliche Befruchtung nur bei Edelfischen (Salmoniden) und dem Hecht (Esox lucius L.) ausgeübt. Die befruchteten Eier werden in besonderen Apparaten, die in neuerer Zeit immer mehr natürlichen Verhältnissen angepaßt werden (Kiesbrutapparate, Kiesbetten), zur Entwicklung gebracht. Dabei müssen verschiedene Faktoren, wie die Beschaffenheit des Wassers, seine Temperatur, der Gehalt des Wassers an Sauerstoff, seine stärkere oder geringere Bewegung usw. mitberücksichtigt werden. Bei fachmännischer Anwendung aller von der Natur und der Erfahrung gebotenen Kautelen ist man imstande, bis zu 96 % und noch mehr der zur Ausbrütung aufgelegten Eier bis zum Ausschlüpfen wohlausgebildeter und gesunder Jungbrut zu bringen. Während man nun in früherer Zeit die Arbeit des Züchters mit diesem Stadium für beendet ansah und die Brut dem Wildgewässer übergab, steht man in neuerer Zeit auf dem Standpunkt, die jungen Fischchen durch reiche Ernährung zu stärken und sie womöglich erst nach einem Jahre als „Setzling" dem freien Wasser anzuvertrauen. Das geht nun in vielen Fällen sehr

schwer oder gar nicht; denn nicht überall ist es möglich, gesundes gutes Futter in reichlichem Maße aufzutreiben. Dazu kommt die Gefahr der Krankheiten, deren Auftreten mit jeder Zucht verbunden ist. In der Tat stellt die Aufzucht zu Jährlingen die Fischzüchter vor eine schwere Aufgabe, vor Probleme, die „nicht nur in der Fischzucht, sondern in der gesamten Tierzucht sowie auch bei der Ernährung der menschlichen Säuglinge bisher wissenschaftlich nicht genügend erforscht und praktisch ungelöst sind" (H o f e r). Die großen Schwierigkeiten, welche die Zuchtanstalten gegenwärtig mit der Fütterung ihrer Jung- und Marktfische zu überwinden haben, werden erst behoben sein, wenn es gelungen sein wird, das Naturfutter in beliebigem Maße zu jeder Jahreszeit zu produzieren, was leider bis heute trotz vielfach angestellter Versuche nicht möglich ist.

Ohne auf weitere Phasen in der Forellenaufzucht näher einzugehen, sei nur kurz bemerkt, daß die Jährlinge, sofern sie nicht dem Wildwasser übergeben werden, in besonderen Abwachs- oder Mastteichen aufgezogen werden, bis sie das erforderliche Marktgewicht („Portionsfisch") erreicht haben. In ähnlicher, weit einfacherer Weise findet die Aufzucht der Karpfen statt. Eine solche war schon zu Zeiten Karls des Großen bekannt und wurde hauptsächlich von mittelalterlichen Klöstern stark betrieben. Der Ausbruch des Dreißigjährigen Krieges vernichtete sie wieder vollständig und es dauerte geraume Zeit, bis sie wieder zur Geltung kam. Jene Blüte, die sie heute besonders in den beiden Ländern Österreich-Ungarn und Deutschland einnimmt, erlangte sie erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, als mit dem mittelalterlichen „Fehmelbetrieb", d. i. dem Zusammenhalten von Fischen aller Altersklassen in einem Teiche, gebrochen wurde. Dazu kam, daß durch genaueres Studium der Nahrung und des Stoffwechsels der Fische (S u s t a, K n a u t h e, Z u n t z, C r o h n h e i m) die Ernährungsphysiologie des Karpfens auf stabileren Boden gestellt wurde. Die moderne Karpfenzucht mit ihrem Jahresklassensystem und der auf der natürlichen Produktivität der Teiche basierenden richtigen Besetzung derselben mit nach Jahrgängen getrennten Fischen hat zur Folge gehabt, daß statt des alten, langsam wachsenden, „verbutteten" Bauernkarpfens schnellwüchsige neue Rassen entstanden (s. S. 134), die bereits im dritten oder vierten Jahre das gewünschte Marktgewicht erreichen. Man läßt den Karpfen in kleinen Teichen nach dem sogenannten Dubischsystem ablaichen. Von hier gelangt die Brut in die Vorstreckteiche und dann während desselben Sommers noch in die Brutstreckteiche; im nächsten Frühjahre werden die einsömmerigen Fischchen in die Streckteiche und im dritten Lebensjahre in die Abwachsteiche überführt, aus welchen sie als Speiseware auf den Markt gelangen. Um nun von einer gegebenen Fläche möglichst viel Rente zu ziehen, d. h. auf derselben möglichst viel Karpfenfleisch zu erzielen, hat dazu geführt, von der extensiven zur intensiven Bewirt-

schaftung überzugehen. Letztere besteht in der künstlichen Fütterung der Fische bei gleichzeitig starkem Besatze. Als künstliche Futtermittel werden solche animalischer Provenienz, wie Fleisch-, Fisch- und Blutmehle verwendet; außerdem solche pflanzlicher Natur, wie Lupine, Mais, Korn, Melasse, Reismehl u. a. Bedingung für den guten Erfolg einer erfolgreichen Fütterung ist, daß der Teich nahrungsreich ist, daß sein Schilfbestand ein geringer ist, somit eine gute Durchwärmung des Wassers erfolgt. Bei der großen Abhängigkeit der Fische von der Temperatur (s. S. 144) wird die Karpfenfütterung nach bestimmten, aus der Praxis hervorgegangenen Regeln ausgeübt, um einen vorher berechneten Futtereffekt zu erzielen.

Die intensive Bewirtschaftung der Karpfenteiche besteht ferner darin, daß neben dem Karpfen auch sogenannte Nebenfische mitgezüchtet werden, welche das von den ersteren nicht verwertete Futter ausnutzen. Als Nebenfische kommen nur wenige in Betracht, in erster Linie die Schleie (Tinca vulgaris Cuv.), der Hecht (Esox lucius L.) und der Zander (Lucioperca sandra Cuv.). Andere Fische, wie z. B. die Regenbogenforelle (Trutta irridea W. Gibb.), die große Maräne (Coregonus maraena Bl.) werden nur gelegentlich und unter besonders günstigen Verhältnissen, wie z. B. in Böhmen (Frauenberg, Wittingau) mitgezüchtet.

Ähnlich wie in der Süßwasserfischerei ist man auch bei der marinen daran gegangen, an Stelle der planlosen Raubfischerei bestimmte Normen für Fang, Ausbeute usw. zu geben. Das Meer, so reich es ist, ist nicht unerschöpflich; sein Fischbestand läßt vielfach nach und häufig ertönen Klagen über den bedrohlichen Rückgang der marinen Fischerei. Das hat dazu geführt, daß zwecks Erforschung des Meeres eigene Vereine und Institute ins Leben gerufen wurden, welche sich die fischereilichen Fragen besonders angedeihen lassen.

Als solche sind zu nennen die „Königlich Preußische Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere im Interesse der Fischerei“ mit dem Sitze in Kiel, ferner die „Biologische Anstalt“ auf Helgoland, schließlich das „Institut für Meereskunde in Berlin“. Österreich veranstaltet gegenwärtig gemeinschaftlich mit Italien Forschungsfahrten im Mittelmeere, welche neben der Erforschung rein wissenschaftlicher Probleme tunlichst in den Dienst der praktischen Fischerei gestellt werden. Von sonstigen Instituten wäre das vom Fürsten zu Monako erbaute, mit allen Mitteln zur Tiefseeforschung ausgerüstete „Ozeanographische Museum zu Monako“ zu nennen. Daß auch die in einem früheren Kapitel erwähnten Tiefseeforschungen (s. S. 96) manches zur Biologie der Nutzfische — ich erinnere nur an die epochemachenden Forschungsergebnisse Schmidts über den Aal — beigetragen haben, sei hier ebenfalls noch außerdem erwähnt. Da sich die Klagen über den Rückgang der Fischerei hauptsächlich auf die Nordsee beziehen und diese Gemeingut verschiedener Nationen ist,

haben dieselben, nämlich Deutschland, Holland, England, Norwegen und Dänemark, vor einigen Jahren eine internationale Kommission mit dem Sitz in Christiania ernannt, deren Aufgabe die Erforschung der Nordsee sein soll. Um den Bestand der Nordsee an Nutzfischen kennen zu lernen, hat H e n s e n den Versuch gemacht, die Quantität der jährlich abgelaichten planktonischen Eier festzustellen. Aus der so gewonnenen Kenntnis von der Verteilung der Eier im Wasser kann man praktisch wichtige Aufschlüsse über Lage und Ausdehnung der Laichplätze, über die besonders bevorzugten Aufenthaltsorte der laichenden Fische, über die Wanderung der heranwachsenden Fischbrut u. dgl. erlangen. Stellt man ferner quantitativ fest, wieviel ganz junge, eben abgelegte Eier während der ganzen Laichperiode in einem bestimmten Gebiete vorhanden sind, so kann man auch berechnen, wieviel laichreife Fische im Minimum auf dem betreffenden Laichplatz vorhanden sind (S t e u e r).

Große Aufmerksamkeit wurde und wird dem Problem der Fischwanderungen geschenkt (s. S. 125—130). Wir wissen heute, daß viele unserer wichtigsten Nutzfische des Meeres keine ausgedehnteren Wanderungen unternehmen; wir haben auf Grund der Planktonfänge, Trawlzüge und Markierungsversuche zwischen Larvenwanderungen, Wanderungen der jüngeren und solchen der geschlechtsreifen Fische unterscheiden und alle diese Wanderungen als aktive, nicht passive kennen gelernt. Dabei führt jede einzelne Fischart ihre eigenen Bewegungen aus und muß demgemäß für sich studiert werden (F r a n z).

Durch umfangreiche statistische Untersuchungen sind wir ferner in der Lage, bei einzelnen Speisefischen der Nordmeere bestimmte Lokalrassen zu unterscheiden (s. S. 126), die zu der Annahme berechtigen, daß das Wohngebiet der einzelnen Herden ein räumlich beschränktes ist und infolgedessen die Hebung des Fischbestandes an irgendeinem Küstenpunkte durch künstliche Fischzucht dem Züchter auch wirklich Nutzen bringt. Kapitän C h e s t e r soll der erste gewesen sein, der die künstliche Befruchtung bei solchen marinen Fischen vornahm, deren Eier pelagisch leben; er bediente sich dabei Methoden, die schon lange vorher an Süßwasserfischen erprobt worden waren. Nachdem schon O. S a r s im Jahre 1866 auf die Möglichkeit der künstlichen Befruchtung und Ausbeutung von Seefischeiern (Schellfische) aufmerksam gemacht hatte, entschlossen sich die Amerikaner, und zwar in Gloucester (M a ß 1878) und Woods Holl (M a c D o n a l d 1880), zu ersten Versuchen. Schon im folgenden Jahre waren die Fischer erstaunt von der Menge einjähriger Dorsche, die sich an der Küste zeigten.

Am meisten bekannt sind die Versuche, die der norwegische Kapitän M. D a n n e w i g in seiner Fischzuchtanstalt in Flödewig bei Bergen in Norwegen angestellt hat. Diese Anstalt ist gegenwärtig das erste Institut dieser Art in Europa; an demselben wurden, wie S t e u e r berichtet, im

ersten Jahre 34 500 000 Jungfische gezüchtet. Nach dem Muster der norwegischen Fischzuchtanstalt wurde später in etwas größerem Umfange an der Küste Schottlands ein solches Institut und schließlich eines in Frankreich in St. Vaast-la Hougue erbaut. Über die tatsächlichen Erfolge dieser Unternehmungen gehen allerdings die Meinungen auseinander. Jedenfalls hat Kapitän Dannewig das Recht für sich in Anspruch zu nehmen, die Technik der künstlichen Aufzucht von Brut von Meerfischen in der Praxis sehr verbreitet und in einer einfachen, zweckdienlichen Weise durchgeführt zu haben (Cori). Im Mittelmeere wird, wie Cori berichtet, in den Lagunen des Triester Golfes schon seit altersher eine Art künstlicher Fischzucht betrieben, indem man die zahlreichen, im Freien herangewachsenen Jungfische in die Lagunenteiche eintreten läßt, worin sie dann rasch zu marktfähigen Fischen dank der reichlichen Nahrung und anderer günstiger Verhältnisse heranwachsen. Diese Methode, rationell und in großem Maßstabe betrieben, hat sicherlich eine große Zukunft und das genannte Lagunengebiet könnte einmal zu einer ungemein ergiebigen Fischkammer werden.

Literatur.

A.

Abel, O., Die Anpassungsformen der Wirbeltiere an das Wasserleben. Schriften d. Ver. zur Verbr. naturwissenschaftl. Kenntnisse. Wien 1905. Jahrg. 48. — Ackermann, K., Tierbastarde. II. Teil. „Wirbeltiere". Kassel 1898. — Ahlborn, F., Der Flug der Fische. Jahresber. d. Realgymn. d. Johanneums zu Hamburg 1895. — Antipa, Gr., Die Biologie des Donaudeltas und des Inundationsgebietes der unteren Donau. Jena 1911, Verlag Fischer. — Derselbe, Wanderungen der Störarten in den europäischen Gewässern. Stenogr. Protokoll d. internat. Fischereikongr. Wien 1905. — Derselbe, Fauna Ichtiologică a României. Bukarest 1909, Verlag C. Göbl. — Apellöf, A., Über einige Resultate der Kreuzungsbefruchtung bei Knochenfischen. Bergens Museum Aarsberetning for 1894—1895. — Arcangeli, A., La dentura del Carassius auratus L. Rev. mens. Pesca. Pavia Anno 12, 1910. — Arnold, J., Über die Fischnahrung in den Binnenseen. Verhandl. d. 5. internat. Zoologenkongr. Berlin 1901/1902.

B.

Babak, E., Vergleichende Untersuchungen über die Darmatmung der Cobitiden. Biolog. Zentralbl. 1907, Bd. 27. — Derselbe, Über den Einfluß der Nahrung auf die Länge des Darmkanals. Biolog. Zentralbl. 1903. — Babak und Dedek, Untersuchungen über den Auslösungsreiz der Atembewegungen bei Süßwasserfischen. Archiv f. d. ges. Physiol. 1907, Bd. 119. — Bade, E., Das Süßwasseraquarium. Berlin 1910, Verlag Pfenningstorff. — Baglioni, S., Der Atmungsmechanismus der Fische. Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1907, Bd. 7. — Derselbe, Zur Physiologie der Schwimmblase. Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1908, Bd. 8. — Ballowitz, Das elektrische Organ des afrikanischen Zitterwelses. Jena 1899, Verlag Fischer. — Bauer, V., Über das Farbenunterscheidungsvermögen der Fische. Archiv f. d. ges. Physiol. 1910, Bd. 133. — Beaufort, L. Fr., Die Schwimmblase der Malacopterygier. Morphol. Jahrb. 1909, Bd. 39. — Beer, Th., Die Akkommodation des Fischauges. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 58. — Bellini, A., Expériences sur l'élevage de l'anquille en stabulation Comachio. Bull. de la Société centr. d'Agric. et la Pèche 1907, T. 19. — Biedermann, W., Die Aufnahme, Verarbeitung und Assimilation der Nahrung. Winterstein, Handb. d. vergl. Physiol. 1911, Bd. 2. — Bolau, H., Die deutschen Versuche mit gezeichneten Schollen. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen Bd. 7, Abt. 1. Helgoland 1906. — Derselbe, Über die Paarung und Fortpflanzung der Scylliumarten. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1882, Bd. 35. — Borne, Max, Kurze Anleitung der Fischzucht in Teichen. Berlin 1891. — Borgmann, H., Die Fischerei im Walde. Berlin 1892, Verlag Springer. — Brauer, A., Die Tiefseefische. Ergebnisse d. Valdivia-Expedition 1906 u. 1908, 2 Bde. — Derselbe, Über den Bau der Augen einiger Tiefseefische. Verhandl. d. zoolog. Gesellsch. 1902. — Brehms Tierleben, Abt. Fische. Leipzig 1892. — Brohl, E., Die sogenannten Hornfäden und die Flossenstrahlen der Fische. Jen. Zeitschr. f. Naturwissensch. 1909, Bd. 45. — Broch, H., Sind die Heringsstämme erbliche Rassen? Zoolog. Anz. Bd. 33. — Brüning, C., Brutpflege bei Fischen. Nerthus Jahrg. 5, 1903. — Brünings, W., Zur Physiologie des Kreislaufes der Fische. Archiv f. d. ges. Physiol. 1899, Bd. 75. — Burda, V., Über Karpfenzucht. Berlin 1898.

C.

Calugareanu, D., Die Darmatmung von Cobitis fossilis. Archiv f. d. ges. Physiol. 1907, Bd. 118 u. 120. — Chun, K., Aus den Tiefen des Weltmeeres. Jena 1903,

Verlag G. Fischer. — Derselbe, Die pelagische Tierwelt in größeren Meerestiefen. Bibl. Zoologica 1887—1888, Heft 1. — Claus, C. u. Grobben, K., Lehrbuch der Zoologie. Marburg 1910, Verlag Elwert. — Clodi, E., Über Massenfänge von Renken im Traunsee. Österr. Fischerzeitung 1911. — Cori, C. J., Der Naturfreund am Strande der Adria. Leipzig 1910, Verlag Klinkhardt. — Cremer, M., Über den Reflexschlag von Torpedo. Verhandl. d. Gesellsch. d. Naturforscher u. Ärzte 1909. — Crohnheim, W., Beiträge zur Kenntnis der Nahrungsaufnahme der Karpfen. Zeitschr. f. Fischerei 1910, Bd. 15, Heft 2/3.

D.

Dahlgren, U., The origin of the electricity tissues in Fishes. Amer. Natural., Vol. 44. — Dakin, W. J., The osmotic concentration of the blood of fishes taken from sea water of naturally varying concentration. Bio-Chemical Journ. 1907, Vol. III. — Darwin, Ch., Entstehung der Arten. 1859. Deutsch von Carus 1876. — Debschitz, H. v., Teichwirtschaft. Berlin, Verlag Parey. — Decker, F., Zur Physiologie des Fischdarmes. Festschr. f. Kölliker. Leipzig 1887. — Derjugin, K., Bau und Entwicklung des Schultergürtels und der Brustflossen bei den Teleostiern. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1910, Bd. 96. — Dießner, B., Die künstliche Zucht der Forelle. Neudamm, Verlag Neumann. — Doflein, F., Über den Geruchsinn bei Wassertieren. Biolog. Zentralbl. 1911, Bd. 31. — Derselbe, Ostasienfahrt. Leipzig 1906, Verlag Teubner. — Dollo, L., Les poissons voiliers. Zoolog. Jahrb., Abt. System 1909, Bd. 27. — Döderlein, L., Über die Erwerbung des Flugvermögens bei Wirbeltieren. Zoolog. Jahrb., Abt. System 1900, Bd. 14. — Dröscher, W., Die Nahrung unserer wichtigsten Wildfische. Fischerzeitung 1900. — Dumesnil, A., Les poissons sauteurs. La Nature, Ann. 34, 1906. — Duncker, G., Syngnathidenstudien. Mitteil. d. naturhist. Museums. Hamburg 1907. — Derselbe, Variation und Verwandtschaft von Pleuronectes flesus L. und Pleuronectes platessa L. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen 1896, N. F. Bd. 1,

E.

Ebert, C. und Müller, K., Untersuchungen über das Pankreas. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1892, Suppl.-Bd. 53. — Eckstein, K., Fischerei und Fischzucht. Leipzig 1902. — Eggeling, H., Dünndarmrelief und Ernährung bei Knochenfischen. Jen. Zeitschr. 1907, Bd. 43. — Ehrenbaum, E., Eier und Larven von Fischen. Nord. Plankton, 4. Lief. 1905 u. 10. Lief. 1910. — Derselbe, Eier und Larven der deutschen Bucht. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1897, N. F. Bd. 2, Heft 1. — Derselbe, Eier und Larven der deutschen Bucht. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1904, N. F. Bd. 6, Abt. Helgoland. — Derselbe, Wanderung der Schollen. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1909, N. F. Bd. 10, Abt. Helgoland. — Ehrenbaum und Schrodtmann, Eier und Jugendformen der Ostseefische. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1904, N. F. Bd. 6. — Ewald, W., Die Fortnahme des häutigen Labyrinths und ihre Folgen beim Flußaal. Archiv f. d. ges. Physiol. 1907, Bd. 116.

F.

Fibich, H., Über die Temperatur bei Fischen. Zeitschr. f. Fischerei. Berlin 1905. — Forel, F. A., Allgemeine Biologie eines Süßwassersees. Zacharias, Die Tierwelt u. Pflanzenwelt des Süßwassers 1891, Bd. 1. — Franz, V., Die biologische Bedeutung des Silberglanzes in der Fischhaut. Biolog. Zentralbl. 1907, Bd. 27. — Derselbe, Über die Ernährungsweise einiger Nordseefische, besonders der Scholle. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1910, Bd. 9, N. F., Abt. Helgoland. — Derselbe, Die Eiproduktion der Scholle. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1909, N. F. Bd. 9, Abt. Helgoland. — Derselbe, Einige Versuche zur Biologie der Fischlarven. Intern. Revue d. Hydrob. u. Hydrogr. 1909, Bd. 2. — Derselbe, Neuere Ergebnisse über Fischwanderungen in der Nord- u. Ostsee. Intern. Revue d. Hydrob. u. Hydrogr. 1908, Bd. 1. — Derselbe, Phototaxis und Wanderung. Intern. Revue d. Hydrob. u. Hydrogr. 1910/11, Bd. 3. — Derselbe, Untersuchungen über das spezifische Gewicht der planktonischen Fischeier. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1910, Bd. 9, Abt. Helgoland. — Derselbe, Das Kleinhirn der Knochenfische. Zoolog. Jahrb. (Anatom.) 1911, Bd. 32. — Derselbe, Über Ortsgedächtnis bei Fischen und seine Bedeutung für die Wanderungen. Intern. Revue der Hydrob. u.

Hydrogr. 1911, Bd. 4. — Derselbe, Bau des Eulenauges und Theorie des Teleskopauges. Biolog. Zentralbl. 1907, Bd. 27. — Frisch, K. v., Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. Archiv f. d. ges. Physiol. 1911, Bd. 138. — Derselbe, Über den Farbensinn der Fische. Verhandl. d. zoolog. Gesellsch. 1911.

G.

Gemzoë, K. J., Über Alter und Wachstum des Aals. Referat von Brühl in Fischerzeitung, Jahrg. 1910. — Gerl, G. v., Fischereiwirtschaftslehre. Wien 1898, Verlag Hölzl. — Goette, A., Entwicklungsgeschichte des Flußneunauges. Goettes Abhandl. z. Entwicklungsgeschichte d. Tiere 1890, Heft 5. — Goldschmidt, R., Einführung in die Vererbungswissenschaft. Leipzig 1911, Verlag Engelmann. — Gudger, E. W., The Breeding, habits and Segmentation of the eggs of the Pipe-Fish, Siphonostoma Floridae. Proceedings of the United States National Museum Vol. 29. Washington 1905. — Guénot, E., Les fonctions de la vessie natatoire des Poissons Teléostiéns. Bull. Scient. France et Belgique 1909, T. 43. — Gurley, R., The Habits of Fishes. Amer. Journ. Psychol. 1902, Vol. 13. — Günther, A., Handbuch der Ichthyologie. Wien 1886. Übers. v. Hayek.

H.

Haempel, O., Das Wachstum des Huchens. Intern. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. 1910. — Derselbe, Die Schlundknochenmuskulatur der Cyprinoiden und ihre Funktion. Zoolog. Jahrb. 1908, Bd. 27, Abt. Morphol. — Derselbe, Zur Frage des Hörvermögens der Fische. Intern. Revue d. Hydrob. 1911, Bd. 4. — Hamburger, R., Über die paarigen Extremitäten von Squalius, Trigla, Periophthalmus und Lophius. Diss. Bern 1904. — Hase, A., Über das Schuppenkleid der Teleostier. Jen. Zeitschr. f. Naturwissensch. 1907, Bd. 42. — Heckel, J. u. Knerr, R., Die Süßwasserfische der österreichischen Monarchie. Leipzig 1858, Verlag Engelmann. — Heffort, A. E., Die zahlenmäßige Verbreitung der Geschlechter der Scholle in der Nordsee. Conseil permanent pour l'exploration de la mer. Rapp. et procès-verbaux 1909. — Hein, W., Bellinis Sexualdimorphismus der mediterranen Steigaale. Allgem. Fischerzeitung 1910. — Heincke, F., Naturgeschichte des Herings. Abhandl. d. deutsch. Seefisch.-Ver. 1898, Teil I, Bd. 2. — Heincke, F. und Ehrenbaum, E., Bestimmung der schwimmenden Fischeier und die Methodik der Eimessungen. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen 1900, Bd. 3. — Heintz, K., Der Angelsport im Süßwasser. Münehen 1911, Verlag Oldenbourg. — Henninger, G., Die Labyrinthorgane bei Labyrinthfischen. Zoolog. Jahrb. (Anatomie) 1908, Bd. 25. — Hensen, V. und Apstein, C., Über die Eimenge der im Winter laichenden Fische. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1897, Bd. 2, Abt. Kiel. — Herrick, J. C., Organ and Sense of Taste in Fishes. Bull. Unit. States Fish. Com. 1902. — Hertwig, R., Lehrb. d. Zoologie. Jena, Verlag G. Fischer. — Herwerden, M. van, Zur Magenverdauung der Fische. Zeitschr. f. phys. Chem. 1908, Bd. 56. — Heß, K., Untersuchungen über den Lichtsinn bei Fischen. Archiv f. Augenheilkunde 1909, Bd. 64, Ergänzungsheft. — Hesse-Doflein, Tierbau und Tierleben. 1910, Bd. 1, Verlag Teubner. — Hinderson, H., Über die Schwanzflossenmuskulatur der Teleostier. Anat. Anz. 1910, Bd. 36. — Hjort, J., Die Tiefseeexpedition des „Michael Sars" nach dem Nordatlantik im Sommer 1910. Intern. Revue d. Hydrob. u. Hydrogr. 1911, Bd. 4. — Hofer, B., Studien über die Hautsinnesorgane der Fische. Bericht d. biolog. Vers.-St. München 1908, Bd. 1. — Derselbe, Handbuch der Fischkrankheiten. Stuttgart 1906, E. Schweizerbartscher Verlag. — Derselbe (Vogt-Grote), Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. Leipzig 1909, Verlag Engelmann. — Derselbe, Die Ergebnisse der neueren exakten Vererbungslehre in ihrer Bedeutung für die Fischzucht 1910, S. A. — Hoffbauer, C., Die Altersbestimmung des Karpfens an seiner Schuppe. Allgem. Fischerzeitung, 23. u. 25. Jahrg. — Hoffmeyer, C. W., Untersuchungen über normales und abnormales Fischblut. Allgem. Fischerzeitung 1907. — Huitfeld-Kaas, H., Plankton under sögelser i Norske Vande. Christiania National.

J.

Immermann, F., Beiträge zur Altersbestimmung des Fisches. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1908, N. F. Bd. 8. — Jacobi, A., Über die neueren Arbeiten über die Fortpflanzung der Büschelkiemer (Lophobranchier). Sitzungsbericht d. Gesellschaft Isis in Dresden, Jahrg. 1906. — Jäger, A., Zur Physiologie der Schwimm-

blase der Fische. Archiv f. d. ges. Physiol. 1903, Bd. 94. — Jaeger, G., Die Farbe der Fische. Archiv f. Hydrob. u. Planktonkde 1908, Bd. 4. — Jaeger, Der Wanderungstrieb der Tiere, insbesonders der Fische. Jägers Monatsblatt. Stuttgart 1911. — Jenkins, J., Altersbestimmung durch Otolithen bei Clupeiden. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1902, N. F. Bd. 5. — Johannsen, Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena 1909, Verlag Fischer. — Jahresberichte und Berichte der Kommission zur wissenschaftl. Untersuchung der deutschen Meere. Berlin 1871—1889, Verlag Parey.

K.

Kammerer, P., Bastardierung von Flußbarsch und Kaulbarsch. Archiv f. Entw. Mech. 1907. — Derselbe, Über Vererbungsversuche bei Fischen. Österr. Fischerzeitung 1910. — Derselbe, Fische im Süßwasseraquarium und ihre Gewöhnung an Salzwasser. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1909. — Kapelkin, S., Die biolog. Bedeutung des Silberglanzes der Fischschuppen. Biolog. Zentralbl. 1907, Bd. 2. — Klingelhöffer, W., Das Auge der Wirbeltiere. Wochenschr. f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1910/11. — Klunzinger, F., Über Zwergrassen bei Fischen und bei Felchen insbesondere. Jahresber. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde f. Württemberg 1900, Jahrg. 56. — Knauer, K., Die Bauchmuskulatur der Fische. Arb. d. zoolog. Inst. Wien 1910. — Knauthe, K., Beobachtungen über den Gasgehalt der Gewässer im Winter. Biolog. Zentralbl. 1899, Bd. 19. — Derselbe, Zur Biologie der Fische. Zoolog. Anz. 1891, Jahrg. 14. — Derselbe, Die Verdauungsorgane des Karpfens. Deutsche Fischerzeitung 1897. — Derselbe, Untersuchungen über die Verdauung der Fische. Zeitschr. f. Fischer. 1898. — Derselbe, Das Süßwasser. Neudamm 1907, Verlag Neumann. — Derselbe, Die Karpfenzucht. Neudamm, Verlag Neumann. — Knöpfler, Fr., Ein Beitrag zur Kenntnis der Lebensweise des Kletterfisches. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1909. — Kobert, C., Über Giftfische und Fischgifte. Stuttgart 1905, Verlag F. Enke. — Kolff, W., Untersuchungen über die Herztätigkeit bei Teleostiern. Archiv f. d. ges. Physiol. 1908, Bd. 122. — Köhler, W., Untersuchungen über das Schaumnest und den Schaumnestbau der Osphromeniden. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1908. — Körner, O., Können die Fische hören? Separ. aus Beiträge z. Ohrenheilkunde. Berlin 1905. — Kraepelin, K., Einführung in die Biologie. Leipzig 1909, Verlag Teubner. — Krause, R., Das Gehörorgan der Petromyzonten. Verhandl. d. anat. Gesellsch. 1906. — Kreidl, A., Über die Perzeption der Schallwellen bei den Fischen. Archiv f. d. ges. Physiol. 1895, Bd. 61. — Kriseh, A., Die Fischerei im Adriatischen Meere. Wien 1900, Verlag K. Gerold. — Krüger, A., Untersuchungen über das Pankreas der Knochenfische. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1905, N. F. Bd. 8, Abt. Kiel. — Krukenberg, C. F. W., Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unters. a. d. Physiol. Inst. zu Heidelberg 1878, Bd. 1. — Derselbe, Zur Verdauung bei den Fischen. Unters. a. d. Physiol. Inst. zu Heidelberg 1878—1882, Bd. 2. — Kyle, K., Contributions towards the natural history of the Plaice. 18th Annual Report of the Fishery-Board of Scotland 1900.

L.

Lagally, M., Über Schutzfarben der Fische. Ber. nat. Ver. Regensburg 1903, Heft 9. — Laloy, L., La couleur des poissons et la sélection naturelle. Revue scient. Tom. 8, 1907. — Lampert, K., Das Leben der Binnengewässer. Leipzig 1910, Verlag Tauchnitz. — Lebedinzeff, Stenogr. Protokoll über d. Verhandl. d. internat. Fischereikongr. Wien 1905. — Leonhart, E., Die Bastarde der deutschen karpfenähnlichen Fische. Verlag Neumann 1904. — Leuckart, R., Über Bastardfische. Berlin 1882. — Link, L., Ein neuer Hautschmarotzer bei Fischen. Allgem. Fischerzeitung 1911, Nr. 6. — Linton, E., Note on the Habits of Fierasfer affinis. Amer. Naturalist 1907. — Lipschütz, A., Zur Frage über die Ernährung der Fische. Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1911, Bd. 12. — Loeb, J., Dynamik der Lebenserscheinungen. Leipzig 1906. — Derselbe, Über Heliotropismus und die periodischen Tiefenbewegungen pelag. Tiere. Biolog. Zentralbl. 1908, Bd. 28. — Lombroso, U., Über den Ursprung der Atmungsbewegungen der Fische. Archiv f. d. ges. Physiol. 1908, Bd. 125. — Lübbert, W., Weitere Messungen an nordischen Glasaalen. Allgem. Fischerzeitung 1911.

M.

Maier, H. N., Die Altersbestimmung nach den Otolithen bei Scholle und Kabeljau. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1906, N. F. Bd. 8. — Derselbe, Neue Beobachtungen über das Hörvermögen der Fische. Archiv f. Hydrob. 1904, Bd. 4. — Mangoldt, E., Über das Leuchten der Tiefseefische. Archiv f. d. ges. Physiol. 1907, Bd. 119. — Mastermann, A., Über einen möglichen Fall von Mimikry bei der gemeinen Seezunge. Journ. of the Linnean Soc. Zoolog. 1908, Vol. 30. — Mayer, P., Über den Spiraldarm der Selachier. Mitteil. a. d. zoolog. Stat Neapel 1897, Bd. 12. — Mayerhofer, Fr., Farbenwechselversuche am Hechte. Archiv f. Entw. Mech. 1909, Bd. 28. — Marshall, W., Die Tiefsee und ihr Leben. Leipzig 1888, Hirt & Sohn. — Miescher, F., Statistische und biolog. Beiträge zu Kenntnis vom Leben des Rheinlachses im Süßwasser. Katalog d. internat. Fischerausstellung. Berlin 1880. — Möbius, K. und Heincke, Fr., Die Fische der Ostsee. Kiel 1883. — Müller, E., Ein Beitrag zur Frage der Zelluloseverdauung im Darmkanal. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. 1901, Bd. 83.

N.

Neresheimer, E., Blutsverwandtschaft und Serumreaktion bei Salmoniden. Bericht d. biolog. Station München 1909, Bd. 2. — Neudörfer, A., Versuche über Anpassung von Süßwasserfischen an Salzwasser. Archiv f. Entw. Mech. 1907, Bd. 23. — Nitsche-Hein, W., Die Süßwasserfische Deutschlands. Deutscher Fischereiverein. Berlin 1910. — Nüßlin, O., Die Larven der Gattung Coregonus, ihre Beziehungen zur Biologie. Verhandl. d. zoolog. Gesellsch. 1908.

O.

Ogneff, J., Über die Änderungen in den Organen der Goldfische nach dreijährigem Verbleiben in Finsternis. Anatom. Anz. 1911, Bd. 40, Heft 2 u. 3.

P.

Parker, H., The sense of Taste in fishes. Science N. S. 1908, Vol. 27. — Pauschin, B., Die peripheren Nerven des Hechtes. Anatom. Anz. 1910, Bd. 35. — Petersen, C. G. Joh., Über die in den Jahren 1904 und 1905 an den Küsten der Ostsee beobachtete Brut von Plattfischen. Conseil perm. p. l'explor. d. la mer, Rapp. et procès-verbaux 1906, Vol. 5. — Petersen, H., Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung des Selachierdarms. Jen. Zeitschr. f. Naturwissensch. 1908, Bd. 43/44. — Petersen, M., Zur Brutpflege der Lophobranchier. Zoolog. Jahrb. 1906, Bd. 24, Abt. System. — Philippi, E., Fortpflanzungsgeschichte der viviparen Teleostier Glarichthys j. und dec. Zoolog. Jahrb., Abt. Anat., Bd. 27. — Plate, L., Apogonichthys strombi n. sp., ein symbiotisch lebender Fisch von den Bahamas. Zoolog. Anz. 1908, Bd. 33. — Plehn, M., Eine neue Karpfenkrankheit und ihr Erreger: Branchiomyces sanguinis. Zentralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenkunde 1912, Bd. 62. — Dieselbe, Die Fische des Meeres und der Binnengewässer. Eßlingen 1906, Verlag Schreiber. — Plehn, M. u. Mulsow, K., Der Erreger der „Taumelkrankheit" der Salmoniden. Zentralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenkunde 1911, Bd. 59. — Popoff, M., Fischfärbung und Selektion. Biolog. Zentralbl. 1906, Bd. 26. — Popta, C. M. L., Etude sur la vessie aérienne des Poissons. Ann. Scient. N. Tome 12, 1910. — Potemba, A., Der Laichakt des Danio rerio. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1910. — Derselbe, Neuere Ansichten über die Brutpflege der Maulbrüter. Woch. f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1909. — Przibram, H., Experimentalzoologie Bd. 3. Phylogenese. Wien 1910. — Pütter, A., Die Ernährung der Fische. Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1909, Bd. 9. — Derselbe, Die Ernährung der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena 1909, Fischer. — Derselbe, Vergleichende Physiologie, Jena 1911.

R.

Rauther, M., Die akzessorischen Atmungsorgane der Knochenfische. Ergebnisse u. Fortschritte d. Zoologie 1910, Bd. 2. — Derselbe, „Fische" in Sammlung Göschen 1907. — Ravaret-Wattel, Über den Einfluß reichlicher Ernährung auf die Fruchtbarkeit der Fische. Bulletin de la Société centrale d'Agriculture 1906. — Redecke, H. C., Variationsstatische Untersuchungen über Fischrassen. Zoolog. Zentralbl. 1902. — Reibisch, J., Über den Einfluß der Temperatur auf die Ent-

wicklung von Fischeiern. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1902, N. F. Bd. 6, Abt. Kiel. — Derselbe, Über die Verbreitung junger Plattfische des ersten Jahrganges an der deutschen Ostseeküste in den Jahren 1905 und 1906. Mitteil. d. d. Seefischervereins 1907, Bd. 23. — Reuß, H., Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Fischkörpers unter dem Einflusse seines Waehstums und des Wassers. Bericht d. biolog. Stat. München 1908, Bd. 1. — Derselbe, Die Wirkung der Kohlensäure auf die Atmung der niederen Tiere, insbesondere der Fische. Zeitschr. f. Biolog. 1910, Bd. 53. — Richter, E., Die Temperaturverhältnisse der Alpenseen. Verhandl. d. 9. Deutschen Geographentages. Wien 1891. — Römer, F., Die Wanderungen der Fische. Ber. Senckenberg nat. Gesellsch. Frankfurt 1909. — Roth, W., Das Schaumnestproblem. Blätter f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1909. — Rudolphi, K. A., Grundriß der Physiologie 1828, Bd. 2.

S.

Schiemenz, P., Über Schwarmbildung bei unseren Süßwasserfischen. Deutsche Fischerzeitung 1904. — Derselbe, Betraehtungen über die natürliche Ernährung unserer Teichfische. Deutsche Fiseherzeitung 1907, Nr. 19—24. — Derselbe, Über den Wert des Auftriebes (Plankton) als Fischnahrung. Deutsche Fischerzeitung 1905. — Derselbe, Die Nahrung unserer gewöhnlichen Wildfische. Deutsche Fischerzeitung 1905, N. F., 30. Jahrg. — Schimkewitsch, W., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere. Stuttgart 1910, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung. — Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898, Verlag Fiseher. — Schlesinger, G., Der sagittiforme Anpassungstypus nektonischer Fische. Verhandl. der zoolog.-botan. Gesellschaft. Wien 1909. — Sehneider, O., Untersuchungen über das Auge von Anableps tetr ophthalmus. Mitteil. d. naturwissensch. Gesellsch. Bern 1908. — Schmidt, Joh., Contribution to the Life-history of the Eel (Anquilla vulgaris H.). Cons. perm. pour l'exploration de la mer. Rapports et proeès verbaux, Vol. 5. Kopenhagen 1906. — Schott, G., Die jährliche Temperaturschwankung des Ozeanwassers. Peterm. Mitteil. 1895, Bd. 41. — Sehreitmüller, W., Originelle Laiehakte und Brutpflege verschiedener Fischarten. Woehenschr. f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1910. — Derselbe, Weitere Ansichten über den Zweck der Sehaumnester bei Osphromeniden. Woehenschr. f. Aquarien- u. Terrarienkunde 1909, Jahrg. 6. — Sehrodtmann, S., Laiehen und Wandern der Ostseefische. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen 1906, N. F. Bd. 7, Abt. Helgoland. — Schultze, O. Über die elektrischen Organe der Fische. Verhandl. d. Gesellsch. d. Naturforscher u. Ärzte 1906. — Derselbe, Zur Frage über den feineren Bau der elektrischen Organe der Fische. Biolog. Zentralbl. 1906, Bd. 26. — Sečerov, S., Farbenweehselversuehe an der Bartgrundel. Archiv f. Entw. Mech. 1909, Bd. 28. — Seligo, E., Über den Ursprung der Fisehnahrung. Mitteil. d. westpreußischen Fischervereins 1905, Bd. 17. — Siebold, v., Die Süßwasserfiseh von Mitteleuropa. Leipzig 1863. — Spengel, C., Über Sehwimmblasen, Lungen und Kiementaschen der Wirbeltiere. Zoolog. Jahrb. 1904, Supplementband 3. — Staff, F., Produktivität des Karpfens an Eiern. Allgem. Fischerzeitung 1910. — Stechе, O., Die Leuchtorgane von Anamalops k. und Protoblepharon p. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoolog. 1909, Bd. 93. — Derselbe, Über leuchtende Oberflächenfische aus dem malaiischen Archipel. Verhandl. d. zoolog. Gesellsch. 1907. — Steuer, A., Die Ernährung der Fische und die Bedeutung des Planktons. Stenogr. Protokoll d. internat. Fiseherkongr. Wien 1905. — Derselbe, Über das Kiemenfilter und die Nahrung der adriat. Fisehe. Verhandl. d. zoolog.-bot. Gesellsch. Wien 1905. — Derselbe, Leitfaden der Planktonkunde. Verlag Teubner 1911. — Stiasny, G., Über einige interessante Entwicklungsstudien vom Seeteufel. Österr. Fischerzeitung 1911. — Sucker, L., Die Fische der Adria. Triest 1895. Verlag Schimpff. — Sumner, F. B., Physiological effects upon fishes of changes in density and salinity of water. Bull. U. S. Bureau of Fisheries 1905. — Supino, F., Il sonno invernale e l'alimentazione delle Carpe. Rendiconti del R. Ist. 1911. Lomb. di sc. e lett., Ser. II, Vol. 44. — Susta, J., Fünf Jahrhunderte der Teichwirtschaft zu Wittingen. Hereke u. Lebeling, Stettin. — Derselbe, Die Ernährung des Karpfens und seiner Teichgenossen. Hercke u. Lebeling, Stettin 1905.

T.

Taschenberg, O., Die giftigen Tiere. Stuttgart 1909. Verlag Enke. — Thesing, C., Biologisehe Streifzüge. München 1908, Verlag Schreiber. — Thier-

felder, A., Über das Ortsgedächtnis bei Fischen. Entgegnung. Umschau 1911. — Thilo, O., Das Schwinden der Schwimmblasen bei den Schollen. Zoolog. Anz. 1907, Bd. 31. — Derselbe, Die Augen der Schollen. Biolog. Zentralbl. 1908, Bd. 28. — Derselbe, Die Entwicklung der Schwimmblase bei den Karpfen. Zoolog. Anz. 1908, Bd. 32. — Thumm, J., Geschlechtsbestimmung bei Warmwasserfischen. Internat. Revue d. Hydrob. u. Hydrogr. 1908, Bd. 1. — Tornier, G., Über die Art, wie äußere Einflüsse den Aufbau des Tieres abändern. Verhandl. d. Deutschen zoolog. Gesellsch. 1911. — Trinks, Z., Teichwirtschaft und Fischzucht in Kotzman. Czernowitz 1908. — Trybom, Über die Lachsarten und deren Wanderungen. Stenogr. Protokoll d. Fischerkongr. Wien 1909. — Tysowski, A., Zur Kenntnis des Gehörorgans und seine Beziehungen zur Schwimmblase bei den Clupeiden. Bull. internat. Acad. Cracovie 1909.

U.

Üxküll, J. v., Über die Nahrungsaufnahme des Katzenhaies. Zeitschr. f. Biolog., Bd. 32.

V.

Vogt, K. und Yung, E., Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. Braunschweig 1889—1894, Verlag Vieweg. — de Vries, H., Die Mutationstheorie. 1901 bis 1903.

W.

Wagener, K., Zur Entstehung des jugendlichen Farbenkleides der Forelle. Internat. Revue d. Hydrob. u. Hydrogr. Biolog. Suppl. II, 1911. — Walter, E., Die Brutschädlinge der Fische und die Mittel zu ihrer Vernichtung. Neudamm, Verlag Neumann. — Derselbe, Das Plankton und die praktisch verwendbaren Methoden der quantitativen Untersuchung der Fischnahrung. Neudamm, Verlag Neumann. — Derselbe, Die Fischerei als Nebenbetrieb des Landwirtes und Forstmanns. Neudamm, Verlag Neumann. — Derselbe, Die Karpfennutzung in kleinen Teichen. Neudamm, Verlag Neumann. — Derselbe, Der Flußaal. Neudamm 1910, Verlag Neumann. — Weber, Nußbaum, Karsten, Lehrbuch der Biologie für Hochschulen. Leipzig 1911, Engelmann. — Wegener, M., Zur Physiologie der Schwimmblase der Fische. Zeitschr. f. d. allgem. Physiol. 1910, Bd. 10. — Weigelt, A., Vorschriften für die Entnahme und Untersuchung von Abwässern und Fischwässern. Berlin 1900. — Derselbe, Die Schädigung der Fischerei durch Haus- und Fabrikabwässer. Berlin 1892. — Weinland, E., Zur Magenverdauung der Haifische. Zeitschr. f. Biolog. 1901, Bd. 41. — Derselbe, Über das Auftreten zweier verschiedener Verdauungssekrete im Magen der Rochen. Sitzungsbericht d. Gesellsch. f. Morph. u. Phys. München 1900, Heft 1. — Wesenberg-Lund, Über pelagische Eier usw. Internat. Revue d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. 1909. — Wiedersheim, R., Vergleichende Anatomie. Jena 1889, Verlag Fischer. — Willey, A., Leaf-Mimicry. Spolia Zeylonica 1904, Vol. 2. — Winterstein, H., Beiträge zur Kenntnis der Fischatmung. Archiv f. d. ges. Physiol. 1908, Bd. 125. — Woltereek, R., Tierische Wanderungen im Meere. Berlin 1908.

Y.

Yung, E., Sur la fonction du pancreas chez les squales. Compt. rend. Acad. de Sc. Paris 1898, T. 127. — Derselbe, Recherches sur la digestion des poissons. Archiv de Zool. expér. 1899, T. 7.

Z.

Zander, E., Neuere Untersuchungen über die natürliche Nahrung bei Süßwasserfischen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie 1903, Bd. 75. — Derselbe, Das Kiemenfilter bei Tiefseefischen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoolog. 1906, Bd. 85. — Derselbe, Studien über das Kiemenfilter bei Süßwasserfischen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoolog. 1903, Bd. 75; 1905, Bd. 84; 1906, Bd. 85. — Zeitschrift für Fischerei, Deutscher Fischerei-Vereinsverlag. — Zschokke, F., Der Lachs und seine Wanderungen. Stuttgart 1906, Nägele. — Zuntz, N. und Crohnheim, W., Die Bedeutung der Naturnahrung für die Ernährung der Teichfische. „Aus deutscher Fischerei", Uhles-Festschrift. Neudamm 1911. — Zuntz, N., Teichwirtschaftliche Streitfragen. Vortrag, gehalten im Verein Deutscher Teichwirte 1910, S.-A.

Register.

A.

Aalentwicklung 120.
Aalwanderung 127.
Achsen- oder Zentralskelett 7.
Aderhaut des Auges 30.
Akkommodation des Fischauges 35.
Akzessorische Kiemen 51.
Albinismus 16.
Alter der Fische 6.
Altersbestimmung der Fische 14, 38.
Angriffswaffen der Fische 154.
Appendices pylorieae 45.
Atmung der Fische 52 f.
Atmungsorgane 49 f.
Auge 30 f.
Augengröße 33.
Augenwanderung bei Schollen 35.

B.

Bakterienerkrankungen der Fische 163.
Bandfische 4.
Bastarde 133 f.
Bauchspeicheldrüse 46, 49.
Beckengürtel 10.
Befruchtung, äußere 108.
— innere 72, 108.
— künstliche 165, 168.
Begattung 108.
Benthonische Fische 90, 95.
Bezahnung 43.
Bitterling, Eiablage des 117.
Blinde Fische 32, 93.
Blutkörperchen 59.
Blutkreislauf 57.
Bluttemperatur 59.
Brackwasser 77.
Brunstspiele 107.
Brutpflege 112 f.

C.

Chemischer Sinn 25.
Chorda dorsalis 7.
Chromatophoren 15.
Ctenoidschuppen 14.
Cycloidschuppen 14.

D.

Darmatmung der Schmerlen 54.
Darmdrüsen 46 f.
Darmfalte 45.
Darmkanal der Fische 41 f.
Darmkiemen 49.
Darmlänge 46.
Darmrelief 47.
Denkvermögen 21.
Dottersackfischchen 120.
Druck des Wassers 87.
Durchsichtigkeit der Seen 88.
Dyphizerkie der Schwanzflosse 7.

E.

Eiablage 110.
Eier der Fische, Hülle, Inhalt 67.
Eientwicklung 72, 118.
Eierstöcke 65.
— Größe derselben 66.
Eigrößen 68.
Eizahl 69.
Ektoparasiten der Fische 161.
Elektrische Fische 155.
Elektrische Organe 18, 155.
Embryo des Fisches 73.
Entoparasiten der Fische 162.
Epidermis 13.
Erbrütungsdauer 119.
Euryhaline Fische 77.
Eurytherme Fische 83.
Exkretionsorgane 64.
Extremitätenskelett 9.

F.

Fähigkeiten, geistige 21.
Färbung der Fische 15, 146 ff.
Farbenanpassung der Fische 148.
Farbenunterscheidungsvermögen 37.
Farbstoffzellen 15.
Farbwechsel der Fische 15 f., 147.
Feinde der Fische 164.
Fischriesen 5.
Fleisch der Fische 17.
Fleischfresser 142.
Fliegende Fische 10, 99 f.
Flossen 9 ff.
— Fehlen derselben 10.
— Umwandlung derselben 10.
Flossensaum 10.
Flossenträger 10.
Flunder, Wanderung der 128.

Forellenzucht 166.
Fortpflanzung der Fische 102 f.
Fortpflanzungsorgane 65 f.
Freßgier bei Fischen 44.
Freßlust der Fische 144.
Fruchtbarkeit der Fische 104.
Fundusdrüsen 47.
Furchung der Eier 73.
Fusiformer Körpertypus 3.

G.

Gasgehalt des Wassers 79.
Gefäßsystem 56 f.
Gefräßigkeit der Tiefseefische 44.
Gefühl 25.
Gehirn 19.
Gehörorgan 38 f.
Geruchsorgan 22.
Geruchsvermögen 23.
Geschlechtsbestimmung 105.
Geschlechtsorgane der Fische 65 f.
Geschlechtsmerkmale 102.
Geschlechtsreife 105.
Geschlechtsverhältnis 104.
Geschmacksknospen 24.
Geschmacksorgan 24.
Geschmacksvermögen 24.
Geschwindigkeit der Fische 17.
Giftfische 151 f.
Goldfärbung 17.
Größe des Fischkörpers 5.
Grundfische 90, 95.
— Schutzfärbung der 147.
Guaninkristalle 15.

H.

Hallersches Glöckchen des Fischauges 31.
Haut 13 f.
Hautkiemen 49.
Hautsinnesorgane 25 f.
Hautskelett 13 f.
Hepatopankreas 46.
Hering, Wanderung des 125.
Hermaphroditismus 66.
Herz der Fische 57.
Herzblut 57.
Herzfunktion 58.
Herzgewichte 58.
Heterozerkie der Schwanzflosse 7.
Hochzeitskleid 103.
Hoden der Fische 66.
Höhlenfische 32.
Homozerkie der Schwanzflosse 7.
Hören der Fische 39.
Hornhaut des Auges 30.
Hydrostatische Funktion der Schwimmblase 62.

I.

Inkubationsdauer der Fischeier 119.

K.

Kälteeinfluß des Wassers 84.
Kämpfe der Männchen 106.
Karpfen, Nahrung des 143.
Karpfenzucht 166, 167.
Kiefer der Fische 41.
Kieferbogen 9.
Kiemen der Fische 49 f.
Kiemenblättchen 50.
Kiemendeckel 9.
Kiemenfilter 44.
Kletterfische 10, 98.
Kliesche, Wanderung der 127.
Kommensalismus der Fische 159.
Kopulation bei Haien und Zahnkarpfen 109.
Kopulationsorgane 12, 72.
Körperform 3.
Körpergestalt 3.
Kraftleistungen der Fische 17.
Krankheiten der Fische 161 f.
Kreuzungen der Fische 134 f.
Künstliche Fischzucht 165.
Küstenfische 90, 91.
Kutis 13.

L.

Labyrinth der Fische 40.
Labyrinthorgane 51 f., 56.
Lachs, Wanderung des 128.
Laichwanderungen der Fische 125.
Laichzeit 105.
Landwanderung der Fische 97.
Larven der Fische 120.
Larvenwanderungen 125.
Lauterzeugung 40.
Lebendgebärende Fische 71, 118.
Lebensdauer 6.
Leber der Fische 46.
Lederhaut 13.
Leuchtfunktion 29.
Leuchtorgane 27, 94.
Leukophoren 15.
Lichtintensität der Strahlen 89.
Lichtverhältnisse im Wasser 88.
Liebesspiele 107.
Linse im Auge 32.
Liproehrome 15.
Luftatmung der Fische 53 f.
Luftauge 35.
Lymphgefäße 60.

M.

Magen der Fische 44.
Magensäure 48.
Maulbrüter 115 f.
Meerforelle, Wanderung der 129.
Melanophoren 15.
Mendelsches Gesetz bei Fischen 136.
Mensch als Fischfeind 164.
Metamorphose 120 f.
Milz der Fische 47.

Mimikry 149, 150.
Mundhöhle 41.
Muskulatur 17.
Mutationen bei Fischen 132.
Mutualismus bei Fischen 159.
Myocommata 17.
Myomeren 17.

N.

Nährtiere der Fische 139.
Nahrung der Fische 137 ff.
Nase 22.
Nektonische Fische 90, 91.
Nervensystem 19 f.
Netzhaut des Auges 32.
Niere der Fische 64.

O.

Oberflächenfische, Schutzfärbung der 146.
Oberhaut 13.
Operkularapparat 9.
Organische Substanzen des Wassers 76.
Ortsgedächtnis 21.
Osmose der Fischlarven 123.
Otolithen 38.
Oval der Schwimmblase 60.

P.

Pankreas 46.
Parasiten der Fische 161 f.
— Fische als 160.
Pelagische Eier 111.
— Fische 90, 93.
Perlausschlag der Fische 103.
Perlen, künstliche 15.
Pflanzen als Parasiten der Fische 162.
Pflanzenfresser 143.
Phototaxis der Fische 92, 123.
Plankton 140.
Planktonfresser 140 f.
Planktonische Fischeier 77.
Plattfische, Entwicklung der 121.
Polygamie bei Fischen 106.
Pseudomimikry 149.
Pupille des Auges 31.
Püttersche Theorie 145.
Pylorusanhänge 45.
Pylorusdrüsen 47.

R.

Rassen des Herings 126.
— der Scholle 126.
Raubfische 139.
Regenbogenhaut des Auges 31.
Regionen der Fische 90.
Regulierung der Flüsse 164.
Renken, Wanderung der 129.
Respiratorische Funktion der Schwimmblase 63.
Reusenzähne 44.
Riechvermögen 23.
Rotes Organ der Schwimmblase 60.
Rückenmark 20.
Rudimentäre Augen 32.

S.

Sacculus 38.
Sagittiformer Körpertypus 3.
Salmoniden, Wanderung der 129.
Salzgehalt des Wassers 75.
— Einfluß desselben auf den Fischkörper 78, 123.
Samentierchen 70.
Sauerstoffbedarf der Fische 80.
Sauerstoffbestimmung im Wasser 80.
Sauerstoffgehalt des Wassers 79, 80.
Saugscheibe des Schiffshalters 11.
Schädel der Fische 7.
Schädelknochen 8.
Schaumnest 114.
Schleimhautsekret des Magens 47.
Schlundzähne der Fische 43.
Schmarotzertum der Fische 157.
Schmerzempfindung 26.
Schreckfärbung der Fische 148.
Schultergürtel 10.
Schuppen 14 f.
Schutzfärbung der Fische 146 f.
— der Tiefseefische 96.
Schwanzform 7.
Schwarmbildung der Fische 124.
Schwebeeinrichtungen der Fischlarven 122.
Schwimmblase der Fische 60 f.
— Funktion derselben 61.
Schwimmblasengase 61.
Schwimmbewegung der Haie 4.
— der Rochen 5.
Schwimmen der Fische 12, 13.
Schwimmleistungen der Fische 17.
Seen, Einteilung nach Fischen 90.
Seenadel, Seepferdchen, Brutpflege der 116.
Segmentale Anordnung der Schuppen 14.
Sehen der Fische 35 f.
Seitenlinie 26.
— Funktion derselben 27.
Seitenmuskel 17.
Sekundäre Geschlechtszeichen 102.
Serumreaktion bei Fischen 136.
Silberfärbung der Fische 146.
Silberhaut des Auges 30.
Sinnesorgane 22 ff.
Skelett 6 ff.
Sommerschlaf 85.
Speiseröhre 44.
Spermatozoen 70.
Sperrvorrichtung der Flossenstrahlen 150.
Spezifisches Gewicht der Fischlarven 123.
Spindelgestalt des Fischkörpers 3.
Spiralklappe des Darmes 45.
Spritzlochkieme 50.
Sprungschicht der Seen 82.
Stachelbewehrung der Fische 150.
Stenotherme Fische 83.

Sterilität bei Fischen 74.
Stichling, Brutpflege des 113.
Stickstoffgehalt des Meerwassers 81.
Stielaugen 34.
Störe, Wanderungen der 129.
Symbiose bei Fischen 160.
Synökie bei Fischen 157.

T.

Tänioformer Körpertypus 3.
Tastorgane 12.
Tastsinn 25.
Teleskopauge 33 f.
Temperatur des Wassers 81 f.
Tiefe des Wassers 87.
Tiefseeauge 33.
Tiefseeexpeditionen 96.
Tiefseefische 95.
— Schutzfärbung der 96.
Trutzfärbung der Fische 148.
Tod der Fische 6.

U.

Uferbewohnende Fische 90, 91.
Utriculus 38.

V.

Variation, fluktuierende 130.
Varietäten (Farben-) der Forelle 148.
Verdauungsprozeß 47 ff.
Vergesellschaftungen der Fische 156.
Verunreinigung der Gewässer 76, 164.
Viszeralskelett 6, 9.
Viviparität 71, 118.

W.

Wachstum, individuelles 6.
Wanderungen der Fische 124 f.
— Wesen der 129.
Warmwasserfische 86.
Warnfärbung der Fische 148.
Wasser, chemische und physikalische Eigenschaften 57 ff.
Wasserauge 35.
Wasserblüte 79.
Weberscher Apparat 40.
Winterschlaf 84.
Wirbelkörper 7.
Wirbelsäule 7.
Wissenschaftliche Erforschung der Fischwässer 167.

X.

Xanthophoren 15.
Xanthorismus 16.

Z.

Zähne der Fische 43.
Zentral- oder Achsenskelett 7.
Zucht der Fische 165 f., 168.
Zuchtwahl, natürliche und künstliche 131.
Zunge der Fische 42.
Zungenbeinbogen 9.
Zwitterbildungen 66.